ISSN 0286-0651
1992年11月7日発行　毎月7日発行　第12巻第12号
昭和56年8月10日第3種郵便物認可

Newton

GRAPHIC SCIENCE MAGAZINE ニュートン

11
1992/November
Vol. 12 No. 12

聖書の考古学

最新 時間論

エイズの時代を生きる

ホーキング 時間の矢を語る

ヒトはなぜ右利きが多いのか

クェーサーからの閃光

地球温暖化がはじまっている

KYOIKUSHA
980円

脈動する球体

ベルトコンベアのように地球上の大陸を
運ぶプレート運動。陸を激突させて、
アルプス・ヒマラヤ山脈を作るほどの大事業を行える
この地球活動の原動力については、
いまだにすべてが解きあかされているわけではないのだ。

地上に現れた地球の裂け目

先住民がいたのに〝発見〟とはおかしいという理由から、近ごろではコロンブスの新大陸発見は、上陸あるいは到着と言い換えられているようだ。今年はその500年目にあたるのは周知の通りだが、コロンブスよりもさらに500年も以前に、アメリカ大陸に上陸して、なおかつ植民までしていたヨーロッパ人がいたことをご存じだろうか。

かつて〝赤毛のエイリーク〟と呼ばれるバイキングがいた。そうとうな荒くれ男だったようで、故国ノルウェーにいられなくなりアイスランドに移住。しかし、ここでもいさかいを起こして追放され、しかたなく西へ西へと舟をこぎ進んでいるうちに到着したのがグリーンランド。世界最大の島はこうして〝発見〟されたという。

さて、このエイリークの子レイブもまた冒険心が旺盛。定住地グリーンランドを拠点に、あちこち航海しているうちに、とうとうアメリカ大陸にまでたどりついた。11世紀初めのころという。

アイスランドの物語『赤毛のエイリークのサガ』により伝えられてきた話だが、カナダのニューファンドランド島には、バイキングの居住を示す遺跡も残っている。植民活動に成功していたら、その後の世界史は大きく変わったにちがいない。

ところで、氷の国アイスランドは世界有数の火山国でもある。ギャウと呼ばれる地の割れ目が南北方向に無数につらぬき、そこからひんぱんに溶岩が噴出する。

日本列島に代表されるように、地球のプレートの沈み込み帯は、活発な火山活動がみられる。しかし、アイスランドの火山はこれとは別のタイプのものだ。

大西洋の海底はプレートどうしがはなれる境界で、そこには中央海嶺と呼ばれる長大な海底火山が連なっている。この海底火山の一部が頭を出して、島となったのがアイスランドだ。アイスランドの大地のひび割れは、今なお広がる地球の裂け目なのである。

多層構造のマントル

地球の構造はしばしば卵にたとえられる。殻が地殻、白身がマントル、黄身が核(コア)である。しかし、地震観測の技術と精度が向上して、地球深部の地震波の伝わり方の研究が進むにつれ、地球はこのような単純な3層構造ではないことが明らかになってきた。

鉄やニッケルからなるといわれる核も、外核と内核の2層構造となっている。流体中は地震波のP波(縦波)は伝わるが、S波(横波)は伝わらない。地震波の伝わり方からいって、外核は金属が熔融した流体なのだが、内核は固体であると推定せざるをえないのである。

核を包み込んでいるのが、地球の体積の82%を占めるマントルである。マントル対流という言葉があるが、マントルをマグマのようなドロドロ状の物質と考えるのは誤り。地震波のP波・S波ともに伝わるから明らかに固体である。密度からいって、その主成分はカンラン石と考えられている。だが、カチカチの岩石というわけでもない。不思議なことにマントルは固体でありながら、あたかも流体であるかのようにも振る舞うのである。

ベッドに身を横たえると、頭や胴など重い部分は大きく沈み、手足などの軽い部分はそれほど沈まない。それぞれの重みとベッドのスプリングの力は、つりあ

いがとれている。地殻とマントルについても、同様の力の均衡がある。これをアイソスタシーという。

たとえばスカンジナビア半島は、この数千年間で100m以上も隆起している。これは最終氷期が過ぎ、数千mの厚みの氷河が解けて、その重みから解放された大陸地塊が、マントルの浮力によって押し上げられているからだ。このようにマントルは、長期的なゆっくりとした力に対しては、流体のような性質を示すのである。粘り気をもった熱い岩石、これがマントルを構成する物質なのである。

マントルは複雑な多層構造をしているが、おおまかには上部マントル、遷移層、下部マントルの3層に分けられる。

マントル上部には地震波の伝わる速度が小さい低速度層がある。これは岩石が部分熔融状態になっているからだといわれる。また、深さ400〜900kmの遷移層は、深くなるにつれ地震波の速度が急増する謎の多いところだ。地震や火山活動の観測を通して、想像をめぐらすしか方法はなく、マントルの内部構造はいまだに定かではない。

1960年代に登場したプレートテクトニクス理論は、海洋底拡大や大陸移動をみごとに解明した。中央海嶺で生まれたプレートは、ベルトコンベアのように移動を続け、他のプレートに衝突して海溝に沈み込む。海洋地殻の生成と消滅、大陸の成長のプロセスも明らかにした。

しかし、この地球活動のエネルギーがどのように供給されるかは、はっきりと分かっていないのである。

かつてはプレート運動の原動力はマントル対流といわれた。地下のマントルが地殻を突き上げ、地下から熱い物質を噴出させて、プレートを押し開いていると考えられていたのだ。しかし、マントル対流だけでは説明できない観測事実もある。プレート運動の原動力は、むしろプレートの沈み込みによる引っ張り力のほうが大きいともいう。しかし、それで疑問がすべて解かれるわけでもない。

青い地球は一皮むけば、ゆっくりと脈動する熱い球体だ。最近では、プレート運動の原動力を、核やマントルの相互作用からとらえようという考え方が打ち出されている。CTスキャナーの原理を応用して、地球を三次元的にとらえる地震波トモグラフィーという方法にも、大きな期待がかけられている。地球表層から地球深部へ、生きている地球のダイナミズムの解明は、いままさに〝核心〟に迫ってきたわけだ。(文／吉岡安之)

左の写真：アイスランドのギャウ(大地の割れ目)の一部。

1987年12月17日千葉県東方沖にマグニチュード6.7の地震が発生、千葉県で震度5を記録、死者2名を出し数万戸の屋根瓦が崩壊した。翌年3月18日午前5時34分、東京直下型地震発生。気象庁は東京震度3と発表したが、都民の実感としてはもっと強く感じたようだ。1989年に入り、東京、神奈川、千葉と埼玉の一部を含む南関東地域の地震防災対策の強化が議論され国会でも取り上げられて、この地域を小規模地震対策特別措置法に基づく地震防災対策強化地域に指定することが国土庁を中心に検討されることになった。中央防災会議の地震防災対策強化地域指定専門委員会は、20年以内に起きると予測される南関東地域直下型地震で著しい被害が予想される地域を分析。今年、9月1日の「防災の日」の前8月21日、この報告を受けて中央防災会議は、千葉県銚子市から茨城県古河市、山梨県八代町、静岡県伊東市を結ぶ範囲で、震度6以上になる可能性があるという報告をまとめ「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」を決定した。大規模地震は、地球の表面を覆うプレートのひずみによって発生することは本文でのべたが、南関東地域の地下では、ユーラシアプレート、フィリピン海プレート、太平洋プレートが複雑に重なり合い、特に比較的浅い部分にあるユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界面で起こるエネルギーの開放が直下型地震の発生源になると見られる。

ものが揺れて傾いたり、移動または振動などが生じた場合、スイッチが作動して機器の動作をストップさせ警報を発したり遠距離で集中監視したりする。このような傾斜や振動を検知するセンサがある。写真は、TDK磁性流体型全方位傾斜角度・振動センサ。このセンサは、接点が不活性ガスとともにガラス管内に密封されたリードスイッチと、円板状の磁石、その磁石に浮力を与えスムーズに動くための潤滑油金属磁性流体、その磁性流体を受ける完全密封容器と、それらを包むハウジングからなっている。どの方向に対しても磁性流体に浮かぶ磁石が振動、加速または傾きの力を受けるとその鉛直方向にあるリードスイッチは、作用する磁界の強さの変化で、「閉」または「開」の動作をする。我々の周りでは、燃焼機器などの転倒感知や、自動販売機、公衆電話、キャッシュディスペンサなどベンディングマシンの盗難防止装置で活躍している。〔参考:朝日新聞・日本経済新聞8月22日、エレクトロニック・マンスリー9月号　TDK VNN　藤原 隆著〕

(みやした)

制作：FACE

Newton 11
GRAPHIC SCIENCE MAGAZINE ニュートン
1992

発行人／辻 裕久　編集人／竹内 均
発行所／株式会社教育社　〒189 東京都東村山市恩多町1-12-3
Newton 11月号 Vol.12 No.12 1992年11月7日発行

SUPER VISION

旧ソ連秘密都市の汚染された大地

想像を絶するシベリアの環境破壊の現場がスペースシャトルによって撮影された。

旧ソ連の崩壊(ほうかい)にともない，これまで西側諸国にほとんど知られることのなかった「閉鎖(へいさ)都市」の実情が次々と明らかになっている。これらの都市の多くは旧ソ連の軍需産業や軍事研究の拠点であった。生産性や研究の成果が追求されるあまり，環境対策はなされてこなかった。そのためこれらの都市の多くはきわめて深刻な環境汚染(おせん)にさらされている。

たとえばウラル山脈の東にある閉鎖都市として有名なチェリャビンスクやマグニトゴルスクでは，製鉄業による水質汚染や大気汚染が進んでいる。汚染の度合いは想像を絶するほどで，マグニトゴルスクの場合，健康な状態の子供はわずかに1%しかいないといわれている。

スペースシャトル，アトランティスが今年の春に軌道上から撮影した写真には，同じ地域にあるトロイツクの周辺が映っている。この写真の上の方に広がるクモの形をした黒い部分は，雪の上に降り積もったばい煙である。トロイツクは旧ソ連で最も汚染された都市の一つとみられている。

トロイツクの緯度は北緯54度であり，スペースシャトルの軌道が到達する最北域にある。

頂点をめざす者たちへ。

いま、ひとつの偉大なる頂点が姿を現わした。αシリーズ最高峰に君臨するAF一眼レフ、ミノルタα-9xi登場。
映像表現の領域を遥かに拡大する1/12000秒高速シャッター、フラッシュ同調1/300秒、さらにAFに連動し4.5コマ/秒の連続撮影を達成。
しかもQボタン、Pボタン、測光インジケーターをはじめ、使う人間の快適さを重視したシンプルな操作性能により、
撮るべきシーンへのさらなる集中を可能にした。またカメラボディの耐久性、堅牢性、防塵・防滴性も飛躍的に向上。
写すものは最高の美、与えるものは最上のよろこび。
α-9xi、その先鋭を極めたポテンシャルが
世界に衝撃をあたえる。

【新発売】

α-9xi、世界の頂点へ。ヨーロピアン・カメラ・オブ・ザ・イヤー'92-'93受賞。

〈希望小売価格(税別)〉●ミノルタα-9xiボディ¥145,000〔ホールディングストラップHS-9xi ¥6,500(別売)・本革製ソフトケースCS-9xi ¥8,000(別売)〕●ミノルタα-9xi AFズームxi35-200mmF4.5-5.6付 ¥225,000●AFズームxi35-200mmF4.5-5.6(マクロ付)¥80,000(フード含む)・ケース¥2,200●AFズームxi28-105mmF3.5-4.5¥50,000(フード含む)・ケース¥2,000●AFズーム28-85mmF3.5-4.5(マクロ付)NEW ¥48,000(フード含む)・ケース¥2,500●AFズーム28-70mmF2.8¥価格未定(93年初頭発売予定)●プログラムフラッシュ5400xi ¥45,000(ケース・ミニスタンド含む)●ワイヤレスフラッシュリモコン¥12,000●スポーツカード2、オートブラケットカード2、オートシフトカード2、ファンタジーカード2、データメモリーカード2各¥3,000

■カタログ進呈(住所・氏名・年令・機種名記入)〒105 東京都港区浜松町2-4-1(世界貿易センタービル)ミノルタカメラ株式会社宣伝部ニュートン係●α-9xiのお問い合わせ専用フリーダイヤル 0120-493-881●お客様商品相談窓口☎(03)3435-5500☎(06)271-2641

音楽を処理する脳

音楽情報の伝達や表現技能は，言語とことなる神経経路をもつことがわかった。

●*Science* 1992年7月3日号

音楽は言語と同じように，音を連続させることにより，意味をもたせることができる。また楽譜として図式化して表現することもできる。

しかし音楽が伝える情報は事がらではなく感情であり，文法ではなく音の調和や動きによって伝えられる。楽譜を読んで演奏するのに必要な技能は，どのような脳のはたらきによるのだろうか。

カナダ，マックギル大学のジャスティン・サージェント博士らは，PET（陽電子放射断層撮影法）とMRI（核磁気共鳴映像法）を用いて，楽譜をただ読む場合と，楽器で演奏する場合とで，脳の神経が活性化されるようすを観察した。

その結果，楽譜に書いてある情報を読み取って演奏に変換する場合は，大脳の言語をつかさどる領域ではないが，その近辺のある部分が活性化されることがわかった。こうしたことから音楽と言語は，音という同じ情報をあつかうにもかかわらず，伝達の神経経路がことなることが示唆（しさ）された。

成層圏オゾンの減少

高度46キロメートル付近の中高度成層圏でも，オゾンの減少がいちじるしい。

●*nature* 1992年7月9日号

成層圏の下部層である上空20キロメートル付近のオゾンが，近年いちじるしく減少している。このことが，南極上空にオゾンホールがつくられる主な原因である。しかしこれよりさらに上空では，オゾンがどのような状態にあるのか，これまで不明な点が多かった。

このほどNASA（アメリカ航空宇宙局）ゴダード宇宙航空センターのアーネスト・ヒルゼンラース博士らは，スペースシャトルに搭載（とうさい）されている紫外線を利用した分光分析器によって得られたデータと，NASAの人工衛星ニンバス7号によって得られたデータを比較検討した。その結果，上空46キロメートル付近の中高度成層圏では，オゾンの量が最大約7％も減少していることが確認された。

このようなオゾンの減少傾向は，地上での観測データとも一致している。中高度のオゾン減少量は，低高度にくらべると小さい。しかしこのことも，成層圏の温度や物理的変化に影響をあたえていると博士らは考えている。

渦巻銀河M51のX

ハッブル宇宙望遠鏡が発見したM51のX字形暗部はダストのリングだった。

●*NASA News* 1992年6月8日号

地球から2000万光年はなれた渦巻（うずまき）銀河M51の中心部には，活発なエネルギー活動があることがわかっている。

このほどハッブル宇宙望遠鏡の惑星（わくせい）カメラが，M51の中心部にX字形の暗部を発見した。アメリカ，ジョンズ・ホプキンズ大学のホランド・フォード博士らは，このX字形の正体がダストのリングであると発表した。

ハッブル宇宙望遠鏡がとらえたM51中心部のX字形暗部

M51の中心からはイオン化したガスが，秒速約1000キロメートルで噴出している。X字模様のうち幅の広い棒は，冷たいガスとダストがつくる回転リングであり，イオンガスの流れに垂直である。このリングから，中心部にある巨大なブラックホールに物質が流れ落ちている。そこで解放された重力エネルギーが，中心部の活発な活動を引きおこしているらしい。

もう一つの棒もガスとダストによるリングだと思われ，中心のジェットと相互作用をしているらしい。しかしそれ以上のことはまだわからないと博士らは語っている。

地球外文明の探査

電波望遠鏡を用いた地球外文明の探査が，オーストラリアで試みられた。

● *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 1992年7月1日号

銀河の知的文明が，通信ネットワークを築いてたがいに交信しているとすれば，その周波数はどのくらいだろうか。オーストラリア，西オーストラリア大学のD.ブレアー博士らは，その周波数が中性水素線の周波数に円周率をかけて得られる44億6233万6275ヘルツである，という仮説を立てた。そしてこの仮説にしたがって，地球以外の文明の探索を行った。

博士らはオーストラリアのパークス天文台にある口径64メートルの電波望遠鏡を用いて，この周波数で166個の恒星（こうせい）と7個の球状星団を観測した。観測は各天体の運動にともなう周波数のドップラー効果を補正しながら行われたが，有意な信号は検出できなかった。

今回の観測結果を，銀河内の知的文明の数や恒星の生成率，惑星の生成率，文明の寿命（じゅみょう）などの関係をあらわす「ドレイクの式」を用いて計算すると，一つの知的文明の寿命は1億年が限界であることがわかったと博士らはのべている。

都市に生きる野鳥

都市に生息する鳥たちは，人の存在を利用して繁殖しているらしい。

●どうぶつと動物園 1992年8月号

近年，都会にさまざまな野鳥が生息するようになった。こうした野鳥は，都会の中でどのように人と共存しているのだろうか。都市鳥研究会代表の唐沢（からさわ）孝一氏が，都市鳥の生活を紹介している。

ツバメは春になると南方から渡来し，軒下（のきした）などに巣をつくる。このようにいつも人の出入りのある場所を選んで巣をつくるのは，人の存在を利用して，カラスなどの天敵からヒナや卵を守るためだと考えられる。調査によると，ツバメが繁殖している建物では，ツバメの子育てを見守っている人が必ずいることがわかっている。

人の存在を利用したこのような「ツバメ型繁殖」は，都市で生活している鳥のすべてにあてはまるらしい。高度経済成長による都市環境の悪化後，ふたたび都市の自然が回復されるにつれて，野鳥が安全な人の住む都市に進出してきたと考えられる。こうした「野鳥の都市化現象」は，野鳥保護の先進国イギリスでもみられると唐沢氏はのべている。

Vol.4

21世紀の科学ミュージアム

バイオの力で太陽の光と水からクリーンな水素エネルギーが生まれる！

バクテリアで水素や砂糖、プラスチックも作れる!?

パンやチーズ、味噌、醬油、アルコール………。人類は昔からカビなどの微生物を無意識のうちに巧みに利用し、醱酵させることで生活に役立ついろんな物質の生産を行なってきた。最近では、これらの生物のメカニズムが次々と解明され、その生物機能を応用するバイオテクノロジーの研究が着々と進んでいる。大倉教授が研究する「太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換」も、そのひとつだ。

これはヒドロゲナーゼというバクテリア由来の酵素を利用して、太陽の光で水を分解し、水素を得るという研究である。「緑色植物も光合成バクテリアも光エネルギーを使って水を分解しているわけですが、それを我々がマネて、水素エネルギーを取り出そうというわけなんですよ」と大倉教授。水素は燃やしても、石油などの化石燃料とちがって炭酸ガスが発生しないクリーンなエネルギー。しかもその水素を得るのに無尽蔵ともいえる太陽の光を使えるとなれば、こんなにありがたいことはない。「ただこのシステムではコストも高くなるし、太陽光で水素を生み、それをまた燃料電池にするとなると変換効率も悪くなる。今のエネルギーにすぐかわるものとして考えるには、まだ無理があります。だけど、やはり公害につながらないエネルギーという面では非常に魅力的。地球環境の問題を考えると、将来的にはとても期待できると思いますよ」

さらに、こうしたバクテリア酵素を利用すれば、水素だけでなく、いろんな有用物質をつくることができるという。たとえば生ゴミをメタン醱酵させて燃料にかえたり、白アリの持っている酵素をセルロースという木材の繊維と混ぜて砂糖をつくったり、さらにそれをアルコールに変えて利用したり。また、自分のからだの中にプラスチックのような成分を貯めるバクテリアを利用して、バイオでプラスチックをつくることも可能だ。これなら従来のプラスチックと違って、海や土の中に捨てても自然に分解されるので、環境を破壊する心配もない。バクテリアから地球に優しい未来の夢はどんどん広がる。環境問題が人類最大のテーマとなる21世紀、こうしたバイオの研究はますます注目されるにちがいない。

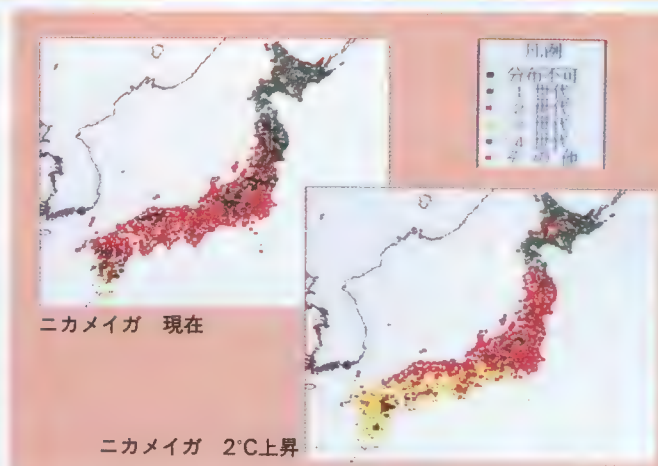
大倉一郎 教授
昭和19年生
東京工業大学生命理工学部教授
昭和48年東京工業大学・大学院卒。同年、米国プリンストン大学に博士研究員として留学。
研究テーマは、酵素微生物を用いる有用物質の生産、太陽エネルギーの化学エネルギーへの変換、癌の光化学治療について。
お問合せ先／TEL.045-922-1111（内線2476）

SCIENCE SENSOR

温暖化と昆虫

地球が温暖化すると，害虫による農作物の被害が多くなると予測される。

●農環研ニュース 1992年7月号

地球の温暖化を促進する二酸化炭素などの排出がこのままつづくと，21世紀の中ごろには，地球の平均気温が約2度C上昇すると考えられている。すると害虫の発生パターンがかわるため，農業生産に重大な影響をおよぼすおそれがある。農林水産省農業環境技術研究所の井村治氏らは，コンピューターを用いて地球が温暖化した場合の害虫発生を予測してみた。

現在のニカメイガの発生回数と，気温が2度C上昇した場合の予測図。

その結果，非休眠性の畑作害虫ハスモンヨトウの場合，気温が2度C上昇すると発生回数が日本国内で1～2回増加することがわかった。また現在は越冬地が太平洋岸の温暖な地域に限られているが，温暖化後は九州から千葉までの広い地域で越冬できるようになると予測される。休眠性の稲作害虫ニカメイガの場合，温暖化後2世代，3世代の発生地域が北上することが予測される。

このように地球温暖化が害虫被害をふやすと予測されるため，温暖化防止対策を早急に講ずる必要があると井村氏らは考えている。

ハダカネズミの社会

ハダカネズミの社会構造は遺伝子を残そうという本能にもとづくらしい。

●*nature* 1992年7月9日号

ミツバチのような社会性昆虫では，なまけている労働者を女王が攻撃して働かせる。ハダカネズミも同様な社会構造をもっている。アメリカ，コーネル大学のハドソン・リーブ博士は，ハダカネズミを調査し，結果を報告している。

ハダカネズミの場合，女王にひんぱんに攻撃される勤労意欲の少ない個体には2種類あった。一つは女王との血縁が薄い個体。もう一つは体が大きいか，急激に成長しているような個体であった。ハダカネズミの集団では，子供を産む唯一の雌である女王が，3～4匹の雄と定期的に交尾する。体の大きな個体は繁殖に参加する可能性が高いため，繁殖にそなえてエネルギーを温存し，身を危険にさらさないようにしているのだろうと考えられる。

女王および労働者がそれぞれ示す行動は，自己の遺伝子を残そうとする本能にもとづくと考えられる。この本能を根拠にした労働闘争仮説を，これで検証することができたと博士らは考えている。

惑星の軌道とカオス

太陽系の惑星の軌道が，ゆっくりとカオス的に変化していることがわかった。

●*Science* 1992年7月3日号

太陽系の惑星の軌道は，基本的には太陽を中心とする一定のだ円形をしている。しかし惑星どうしがわずかに重力を作用させているため，惑星の軌道はゆっくり変化する。最近コンピューターの能力が向上したため，長期間にわたる惑星の軌道変化が計算できるようになった。そして軌道変化がカオス的であることがわかってきた。

「カオス的」とはわずかな初期条件のちがいが，時間とともに指数関数的に増大していくことをいう。

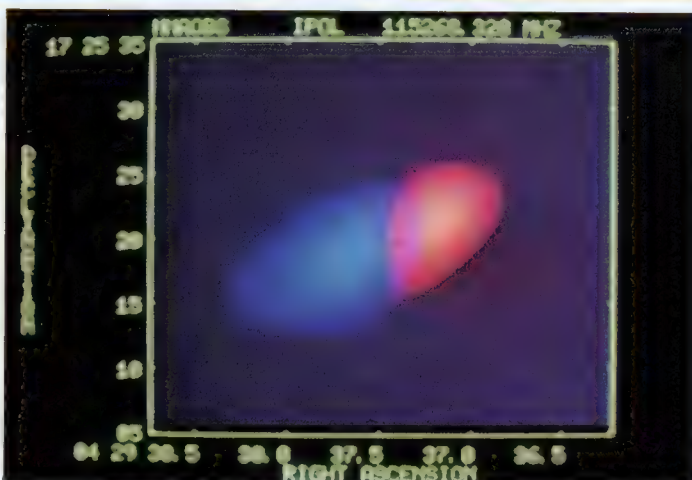
アメリカ，マサチューセッツ工科大学のジェラルド・サスマン博士らは，スーパーコンピューターを使って約1億年間の惑星の運動を計算した。その結果，初期の軌道をごくわずかにかえて計算すると，かえない場合とのちがいが，約400万年ごとに e（自然対数の底＝2.718）倍の割合で増すことがわかった。惑星の軌道変化がカオス的になる原因は，まだよくわかっていない。博士らは木星型惑星だけによるモデルについても計算を進め，その解答を探っている。

原始惑星系ガス円盤

太陽系と同様な惑星系形成過程を示している原始惑星系円盤が発見された。

●国立天文台ニュース 1992年7月1日号

惑星系の形成過程を解明するため，これまで太陽系外の原始惑星系円盤が多く観測されてきた。しかし，惑星系形成で重要なはたらきをする原始惑星系円盤内の分子ガス成分についての情報がほとんど得られなかったため，惑星系形成の理論モデルを検証することは，これまで不可能だった。

このほど国立天文台の観山正見助教授らは，おうし座にあるGG-Tau星の一酸化炭素分子（CO）輝線による観測を行った。その結果，この星のまわりに半径約500天文単位（1天文単位は約1億5000万キロメートル）の回転するガス円盤が存在することを発見した。このことは惑星系形成の母体となる原始惑星系円盤をえがきだすことに，世界ではじめて成功したことになる。

世界ではじめてとらえられた，おうし座のGG-Tau星の原始惑星系円盤。

この円盤の回転速度や質量は，太陽系形成の標準モデルにあてはめることも可能である。そのためGG-Tau星では，太陽系と同様な惑星の形成が進んでいる可能性があると観山氏は考えている。

PIONEER LDC

人類未踏"海底6000m"に潜む、驚くべき生態。いま、最新テクノロジーでその実態に迫る!

Deep Sea Angler Fish ©Laurence P.Madin & Woods Hole Oceanographic Institution

地球カタログシリーズ第2弾!

好評発売中!!

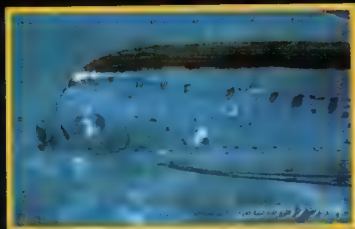
The Earth Catalogue
深海生物
DEEP SEA ANIMALS

最新鋭「しんかい6500」などの潜水調査船が、
未知の領域"海底6000m"の深海に迫る――。
これまで絵や標本でしか見られなかった「リュウグウノツカイ」をはじめ、
名前すらつけられていない幻の生物たちの動く姿を捉えた貴重な映像満載。
いまだ謎に包まれるその生物たちの生態を克明に捉えた"深海生物"映像図鑑。

VHS:PIVS-1151/74分/カラー/税込¥7,500 税抜¥7,282

総監修:海洋科学技術センター
制作協力:東京大学海洋研究所/Woods Hole Oceanographic Institution

LD 同時発売! PILW-1079/74分/カラー/SIDE1:CLV SIDE2:CAV digital audio
税込¥9,500 税抜¥9,223

※マルチオーディオ仕様(アナログ音声:ナレーション・音楽/デジタル音声:現場収録音・音楽)

Octopus

©Laurence P.Madin & Woods Hole Oceanographic Institution

時代は、レーザーディスク。
LASER DISC このマークはレーザーディスクの統一マークです。

パイオニアLDC株式会社

オゾン層の観測

NASAは高層大気観測用の無人観測機「ペルセウス」の開発を進めている。

●*NASA*

NASAでは，高層大気観測用の無人観測機「ペルセウス」の開発を進めている。このペルセウスは，約50キログラムの観測装置を積載し，2万5000メートルもの高度を飛行することが可能である。この高度はこれまでの亜音速機のどれよりもまさっている。

ペルセウスは，主に成層圏のオゾンの観測に利用されることになる。大気中のオゾン量の観測は人工衛星によってつづけられており，オゾン層が急速に破壊されていることを示す結果が得られているのは，周知のとおりである。今後は実際に成層圏でどのような化学反応がおきて，オゾンが破壊されているのかを調べることが重要である。その調査をになうものとして，ペルセウスには大きな期待が寄せられている。

今年の冬に飛行試験が開始されるNASAの「ペルセウス」想像図

ペルセウスは2機製造される。オーロラ・フライト・サイエンス社が製造を担当し，NASAのエイムズ・ドライデン・リサーチ・センターで，今年の冬から飛行試験が開始されることになっている。

大気の彗星起源説

大気中に含まれる希ガスは彗星の衝突によって供給されたのかもしれない。

●*nature* 1992年7月2日号

地球型惑星の大気中に含まれる希ガスは，惑星本体と同じ材料物質，つまりコンドライト隕石に起源をもつと，これまで考えられてきた。しかしこの仮説では大気中のキセノンの量が，ほかの希ガス元素にくらべてたいへん少ないことを説明できない。これに対して最近，希ガスが彗星の衝突によって供給されたとする説が提出された。このほどアメリカ，ハワイ大学のトビアス・オーウェン博士らは，この彗星起源説を裏づける証拠を発表した。

博士らは，氷に希ガスを吸着させて彗星のモデルをつくる実験を行った。その結果，吸着された希ガスにはキセノンが少ないことがわかった。さらにこの希ガスを吸着させた氷と，火山ガスなど惑星内部に由来する物質を混合すると，大気中の希ガス成分とよく一致した。この彗星起源説が正しければ，地球型惑星の大気の主成分も彗星に由来することになる。彗星に希ガスが実際に含まれているのかどうか，今後の観測が期待される。

クラウディナの化石

先カンブリア時代の外骨格生物クラウディナの生痕化石が発掘された。

●*Science* 1992年7月17日号

中国，陝西省地方の先カンブリア時代末期の地層から，外骨格生物がつくったチューブ状の生痕化石が発見された。この生痕化石は古生代と先カンブリア時代の地層の境界付近にみられるもので，「クラウディナ」という学名がつけられている。クラウディナは先カンブリア時代最末期に出現した生物として知られている。

今回発掘された生痕化石には，さまざまな大きさの穴が開けられ，破壊されているのがみられる。この化石を研究しているスウェーデン，ウプサラ大学のステファン・ベングツォン博士と中国地質科学アカデミーのユエ・ツァオ博士は，この穴は外敵によって攻撃された跡だろうと考えている。

この外敵は中生代の腕足類と同様に，攻撃対象を大きさによって選んでいたらしい。いくつもの化石が破壊されていることから，肉食動物である外敵から身を守るために，クラウディナは外骨格を発達させたのだろうと博士らは考えている。

世界最長の翅

58.6ミリにおよぶ世界一長い翅をもったトノサマバッタが発見された。

●インセクタリウム 1992年8月号

トノサマバッタは，生息密度によって形態や行動を変化させる「相変異」を示す昆虫である。野原で通常みられる緑色のトノサマバッタは「孤独相」とよばれる。一方，大発生して生息密度が高くなり，長距離飛翔に適した形態と生理状態を示すものは「群生相」とよばれる。

蚕糸・昆虫農業技術研究所の田中誠二技官らは，約100匹の1齢幼虫を入れて飼育したかごの中で，長さが58.6ミリメートルにおよぶ翅をもつ成虫を発見した。

世界一長い翅をもったトノサマバッタの雌（下）

これは記録されているトノサマバッタ中では，世界一翅の長いものである。

群生相は何世代もつづけて大発生がおきた場合にあらわれ，突発的な大発生では生じない。また群生相では幼虫発育が速い。今回得られた長翅トノサマバッタは，この二つの条件をどちらも満たしていないため，正常な群生相とよぶことはできない。これらの翅がなぜ長くなったのかは，現在のところ解明されていない。

可能性、みつけた。

福原 亮隊員（ニジェール 植林）

青年海外協力隊員募集

青年海外協力隊員は、現地の人々と同じ言葉を話し、同じ場所に住み、同じものを食べ、自らの利益を求めることなく、開発途上国の新しい国づくりに協力しています。青年海外協力隊事務局では、次の要領で、隊員を募集します。

- ●資格 20歳以上39歳までの日本国籍をもつ心身共に健康な青年男女。
- ●応募方法 青年海外協力隊所定の願書を協力隊事務局に期日までに提出してください。
- ●募集規模 約160職種にわたり、約1,000名の隊員を募集します。（派遣予定国は約50ヵ国。）
- ●選考試験 第1次選考/筆記試験（技術、英語、協力隊員適性テスト）。平成4年12月20日(日)、各都道府県で実施。第2次選考/面接試験（個人面接、技術面接）及び健康診断。平成5年2月上旬頃、東京で実施。
- ●訓練 合格者は約80日間の国内合宿訓練を終了後、各国に向けて出発します。
- ●派遣国 本人の希望は尊重しますが、隊員として従事する職務の内容等を総合的に判断して、派遣国が決定されます。
- ●派遣期間 原則として2年間です。
- ●単身赴任 隊員は単身赴任です。（配偶者・子女一時呼びよせ制度があります。）
- ●現職参加 現在お勤めの方が休職などにより勤務先に身分を継続したまま協力隊に参加する場合、協力隊事務局がその勤務先に対し人件費や間接経費の一部を補填する制度があります。また組織募集制度もあります。
- ●待遇等 現地生活費月額270～545ドルを支給（派遣国により異なります）。住居は相手国政府提供（もしくは住居手当を支給）。任国までの往復航空運賃（航空券）支給。病気や怪我等災害時の補償制度があります。その他訓練・派遣に係る必要経費を事務局が負担します。なお、無職で参加の場合、本邦訓練期間中1ヵ月5万円、海外在任中1ヵ月9万円が積み立てられ、帰国時に一括支給されます。また、雇用保険の受給資格のある方が協力隊に参加する場合、受給期間の延長手続きをとることにより、帰国後に雇用保険を受給することができます。
- ●10月15日～11月30日の募集期間中、全国各地で募集説明会を開催。実際に協力隊員として行ってきたOB・OGの体験談や協力隊紹介の映画があります。（入場無料・予約はいりません。）
日時・会場はお問い合わせください。

■詳しい資料・願書をご希望の方は、ハガキに住所、氏名、年齢を明記し、事務局国内第1課ニュートン係まで。

〒150 東京都渋谷区広尾4-2-24
国際協力事業団
青年海外協力隊事務局
☎03(3400)7261(代表)

24時間テレフォンガイド
☎03(3797)7272(東京)
☎06(347)7272(大阪)
☎092(413)6211(福岡)

締切11月30日(月)

火星を走る知能ロボット「マース・ローバー」

ロシアでつくられた火星の地表探査機マース・ローバーの走行実験が，今年の5月にアメリカのデスバレーで行われた。1996年に火星に送られる予定であるこのローバーについて報告する。

マイケル・キャロル

六つの車輪で自由に走る。

アメリカの探査機バイキングと，ロシアの探査機フォボスによる火星探査が行われて以来，両国の科学者はこの赤い惑星により高度な観測装置を送りこむことを目標としている。バイキング1号と2号は火星表面の壮観な画像，気象データ，そして生化学反応の解析結果を，長期にわたって地球に送信してきた。

しかし，もし山の向こう側をのぞくことができたなら，もっと何か発見できるかもしれない。このような観測を可能にするには，障害物をさけながら火星表面を自力で移動し，環境サンプルを採取できる探査機が必要である。

1992年5月にアメリカ，カリフォルニア州のデスバレーに，ロシアの科学者と技術者，フランス国立宇宙センター(CNES)のメンバー，そしてハンガリーとアメリカの科学者たちが集まった。彼らは，山の向こう側を実際にのぞきみることのできる知能ロボットの評価実験を行った。この実験は，国際協力による宇宙探査計画を進めているアメリカ惑星協会の支援によって行われた。

「ローバー」とよばれるこのロボットは，六つの車輪をもった自動走行車で，ロシアのサンクトペテルブルグ（旧レニングラード）市にある輸送工学研究センターで組み立てられたものである。ローバーの全長は約1メートル37センチ，重量は15キロの計測機器を含めて約70キロである。火星の過酷な環境下でもローバーの安全性を確保するため，走行速度は低くおさえられ，最高で秒速20～30センチである。

ローバーのぎざぎざがついた円錐形の車輪は，鋭い石や急斜面に引っかからないように設計されている。個々の車輪は独立に駆動されている。車体は三つに分割されており，急な斜面を毛虫のようにはい上がることができる。

デスバレーで走行実験を行うマース・ローバー

火星で探査をするマース・ローバーの想像図

マース'96へかけて

デスバレーの砂漠は火星の地形に似ているので，ローバーの走行実験には最適である。「マースヒル」と名づけられた岩肌の丘には，1976年にバイキング2号が着陸した場所とよく似た岩石と土砂が広がっている。ローバーの走行実験には，マースヒル周辺とその約161キロメートル南方の巨大な砂丘が使用された。

走行実験が進むにつれ，より自律的な行動ができるように，ローバーのソフトウエアに改良が加えられた。実験最終日には，ローバーは人間の助けなしにマースヒルを登り，岩石の間を通り抜けたり，乗りこえたり，まわりを周回することができた。

このローバーは，1996年に予定されている国際火星探査計画「マース '96」の目玉となる観測機である。この年に，ローバーは荒涼とした火星の地表を実際に走行することになっている。またマース '96では，火星の大気を調べる探査気球を飛ばす計画もある。

マース '96には，すでにいくつかの国が参加している。ロシアの科学者たちは，計画を成功させるために，もっと多くの国々が参加して援助を寄せてくれることを願っている。

アシモフの科学コラム

アイザック・アシモフ
世界的に有名な科学ジャーナリスト。1992年4月死去。科学エッセイやSF小説など著書は400冊以上に上る。

この原稿はアシモフ博士が亡くなる以前にNewtonへ届いたものです。

クェーサーからの宇宙最大の閃光

太陽が放射する100万年分のX線が観測された

1989年11月13日，日本の人工衛星が宇宙から突然のX線バーストをキャッチした。原因として思いあたるものが何もない。そこで1年余り，この現象の研究が注意深くつづけられた。そのかいがあって1991年1月に，このバーストがクェーサーによるものだという結論が出た。このクェーサーそのものも，かなりなぞに満ちた存在である。

クェーサーの存在は，1963年になってはじめて知られるようになった。当時，私たちの銀河に属すると思われる，ぼんやりとした星がいくつかあった。これは電波を放射しているという点で，かわった存在だった。こういった遠方にある星の電波をキャッチするには，その星はよほど強力な電波を放出していなければならない。そこで天文学者たちは，この「電波星」のくわしい調査をはじめた。そして1963年に，その光のスペクトルが赤い方にずれていることがわかった。この赤方偏移(へんい)の幅を調べることによって，どの程度の速さでこの天体が私たちから遠ざかりつつあるかがわかる。後退速度から，その天体までの距離を割りだすこともできる。

天文学者たちはびっくり仰天(ぎょうてん)した。これらの電波星は10億光年以上も遠くにあり，それまで知られていたどんな天体よりも遠くにあるのだ。非常にかわった星であるということ以外には，まったく正体がわからなかった。そこで"quasi-stellar objects"(準恒星(こうせい)状天体)という名前があたえられた。"星のようなもの"という意味で，略して「クェーサー」とよばれる。今では何百個ものクェーサーが知られている。なかには120億光年以上も遠くにあるものもある。

クェーサーとはいったいなんなのか？　こんなにはなれていてもみえるのだから，非常に強く光っているにちがいない。実際，普通の銀河の100倍もの明るさをもっている。それにもかかわらずほかのデータは，クェーサーが普通の太陽系とあまりかわらない大きさの，小さな天体であることを示している。

結局，天文学者たちはクェーサーは銀河にちがいないが，非常にかわった銀河だと判断した。クェーサー銀河の中心部分は，私たちの銀河のような普通の銀河の中心部分とはくらべものにならないほど，ずばぬけて明るい。非常に遠くにあるため，私たちにはこの輝度(きど)の強いコア(核)部分しかみえない。そのため，かすかに星のようにみえるだけなのだろう。

ここで問題は別の話に移る。なぜ中心部分がこのように強く輝いているのだろうか？

銀河は普通，中心部分にブラックホールをもつと考えられている。ブラックホールは非常に小さく，かつ非常に質量が大きな天体で，重力があまりにも強力なため，すべてをのみこんでしまうばかりでなく，何ものもそこから逃げだすことができない。

ブラックホールは近くの物質をたえまなく吸収しつづけている。物質はブラックホールの周囲をまわりながら，X線を含むさまざまなものを放射する。おそらく私たちの銀河の中心部分にも，太陽の100万倍の質量をもつブラックホールがあるはずだ。

しかし銀河の中には，太陽の1億倍もの質量のブラックホールを中心部分にもつものもある。それだけの質量があればさらに多くの物質が吸収され，当然それだけ強い放射がある。

もしそうだとすると，光の強さは一定ではなくなるはずだ。どのような物質がどのような割合でブラックホールにのみこまれていくのかによって，ことなることになる。ブラックホールの近くを，たまたまとくに大きなかたまりが通過してとらえられてしまうと，ぐるぐるまわって落ちこみながら，とてつもない規模の放射をするはずだ。もしそうならば，明るさをかえるクェーサーがみつからなければならない。実はそういったものがすでに観測されている。

実際に，クェーサーはかなりの速さで明るさをかえている。このことだけからでも，クェーサーが小さな天体であることがわかる。もし普通の銀河ほどの大きさなら，明るさがかわっても全体では変化がないはずだ。またその変化が銀河全体に伝わるとすれば，その速さは光速で，10万年もかかることになる。ところがクェーサーの明るさは数日でかわる。よほど小さな天体であるとしか考えられない。

問題のクェーサーのX線放射による閃光(せんこう)は，輝度の増大においてほかに例がなく，観測史上最大のものである点が重要だ。3分間のバーストでの放射量は，私たちの太陽が100万年かけて放射する量に達する。「PKS 0558-504」というじみな名前のこのクェーサーは，その短い時間に3分の2も輝度を増した。

なぜこんな閃光がおきるのかと，私たちは首をひねらずにはいられない。何か特殊な物質がのみこまれたのだろうか？　星がまるごとクェーサーのブラックホールにのみこまれてしまったのだろうか？

天文学者たちは別の意見だ。すべての方角へクェーサーがこのような放射を行ったのであれば，そんなものすごいエネルギー源は説明のしようがない。今のところたんなる推測だが，クェーサーが放出したエネルギー量ははるかに少なく，たまたま観測したときに地球へ向けて細いジェット流の放出があっただけだ，と彼らはいう。その地球へ向けての長い旅は，地球ができるはるか以前にはじまっている。

問題のクェーサーは特別なクェーサーというわけではない。すべてのクェーサーが，さまざまなときにジェットを吹きだしているのかもしれない。そのうち私たちの方へ向けられたものだけを観測することができる。実際，今回観測されたものも，たまたまキャッチされたにすぎないのが実情だ。

そこでもう一つの問題が生じる。なぜクェーサーは突然ジェット流を放射するのだろうか？　これもまた，わからないのである。

クェーサーの中心からは，ばく大なエネルギーがジェットとして放出されているらしい。

ZOOM & FOCUS
変幻自在な空のファンタジー
地球の芸術

桜島・南岳の噴火と火山雷。火山雷は，火山灰などの噴出物が摩擦（まさつ）による静電気のため帯電することによっておきる。この写真では主に噴煙中の放電が観察され，落雷はほとんどない。

気象現象

監修 木村龍治 東京大学海洋研究所海洋気象部門助教授

大気中でたえまなく発生するさまざまな気象現象は，われわれの生活に密接なかかわりをもつとともに，心を奪われる芸術品でもある。それらは主に大気や光，あるいはその相互作用によるものが多い。雷，竜巻き，オーローラ……こうした現象は，どのようなメカニズムでわれわれを魅了するのだろうか。

大気を

うがち，地面へ突き刺さる稲妻

わき上がる暗雲。重苦しい沈黙。そして町を青白い光で包みながら雲間を閃光（せんこう）が走る。稲妻（いなずま）の姿は一瞬，人の目に焼きつけられるだけである。しかしその一瞬の間に，実は雷は何度も宙を切り裂いている。

雷は雲の中にできた氷晶（ひょうしょう）とあられの摩擦による静電気で発生する。大きいあられがマイナスに，小さい氷晶がプラスに帯電する。軽い氷晶は上空に吹き上げられて雲の下部にはマイナスの電気がたまる。ここから地面へ向けて電子が少しずつなだれこみ，小さな放電をくりかえしながら大気中にイオンの道をつくっていく。最終的に地面に達したこの放電路を通って大電流が地面から雲へ流れ，ひときわ明るい稲妻となるのである。

放電路がつくられはじめてから地面と雲との間に電流が流れるまでは，100分の2秒ぐらいしかかからない。このため，われわれの目には1本の稲妻だけが，一挙に地面へ突き刺さったようにしかみえないのである。

雲の形は不定型であることが多い。しかし時には意外なほどととのった形や，規則的な模様がみられることもある。

写真のつるし雲はレンズ雲の一種で，空飛ぶ円盤によく見ちがえられる。これは山にぶつかって波状にうねるようになった気流の波頭に形成される。空気が上昇して冷却されると，水蒸気が凝結(ぎょうけつ)して雲ができる。空気が下降すると雲粒(くもつぶ)は蒸発するが，これと同じ速さで風上側の凝結が進むので，レンズ雲自体は一定の場所に浮かんでいることになる。

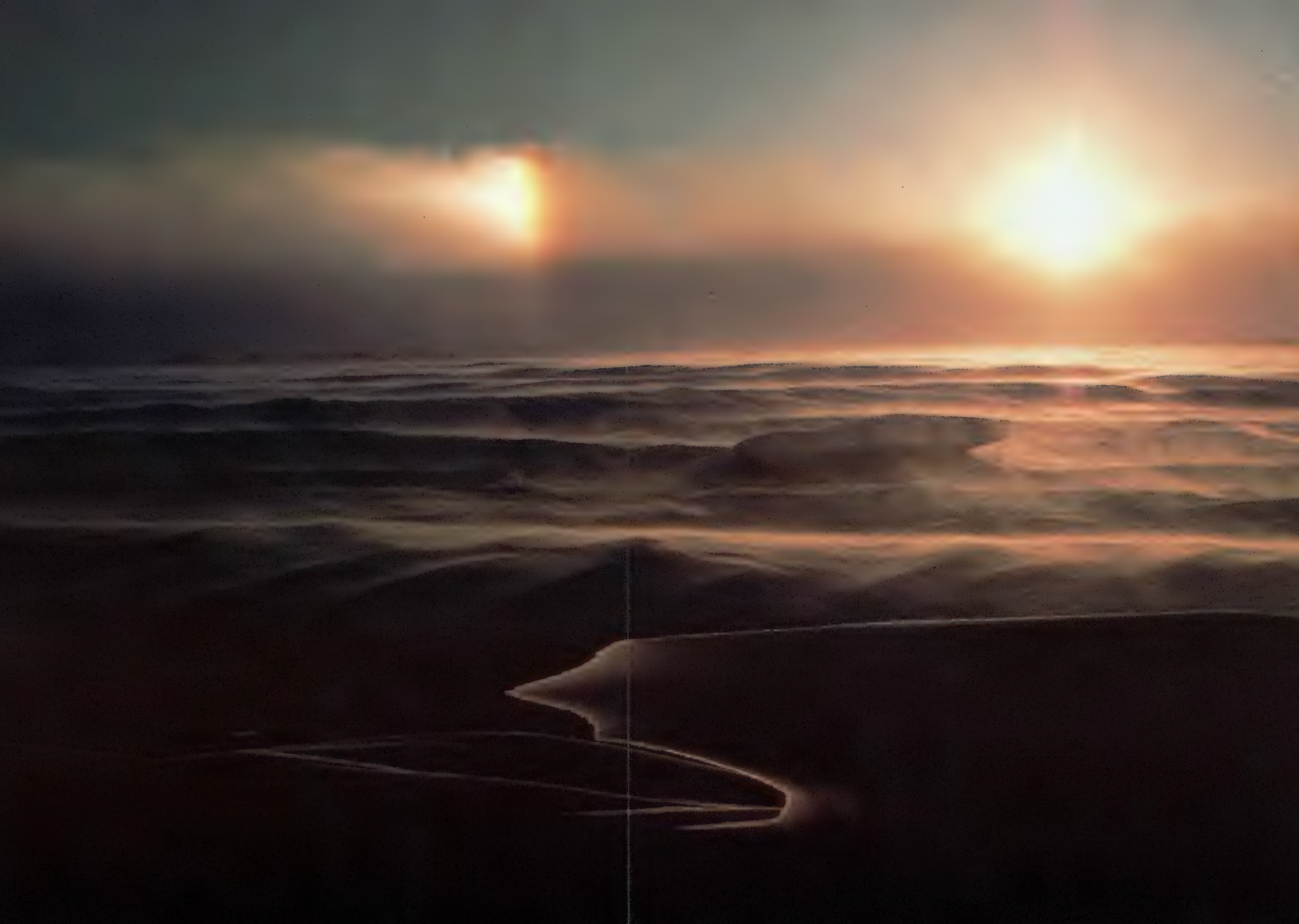
高い山にぶつかった気流はまた別の模様をえがくことがある。唐草(からくさ)模様を思わせるカルマン渦列(うずれつ)もその一つである。東太平洋でよくみられる。日本付近でも東シナ海で済州(チェジュ)島の風下にしばしば発生する。これは寒波の吹きだしにともなって，2000メートル級の山の下半分を寒気団がおおったときにみられる現象である。

気流が大空

にきざんだ模様

メキシコのソコロ島で発生したカルマン渦列。スペースシャトルによって撮影された。この渦列は寒気が海上をおおうとき島の風下に形成され、層積雲によって可視化される。

アメリカのニューメキシコ州で観察された二つのつるし雲。通常一つの波状気流には一つのつるし雲しかできないので、おそらくこの二つは別々の気流に乗っているものであろう。

白馬岳にあらわれたブロッケン現象。「ブロッケンの妖怪」ともよぶ。これは粒のそろった霧が正面にあり、後方がよく晴れて太陽が真うしろにあるときにみられる。霧に映っている人影はこの写真を撮ったカメラマンのものである。後光のような虹色の光輪（グローリー）は光の回折現象によるもので、虹と同じメカニズムでできるものではない。

雪原に沈む三つの太陽

大気と光は時に不思議ないたずらをする。しん気楼やブロッケン現象，そしてこの幻日などがその代表的なものであろう。アメリカのノースダコタ州で撮られたこの写真には，中央に本物の太陽があり，その左右に幻日とよばれる太陽によく似た光が映っている。

幻日は暈（ハロー）の一種で，雲の中にある六角柱の氷晶によって光が屈折させられたためにあらわれたものである。これが輪となって太陽や月のまわりを囲むこともある。

天空にそびえ立つ竜巻き，トルネード

竜巻きは日本でもときどき発生する。アメリカ中西部では毎年 300 もの竜巻き（トルネード）があばれまわる。世界のどこで発生する竜巻きよりもトルネードは巨大である。これはメキシコ湾からの暖かく湿った空気が，内陸の冷たく乾いた空気の下にもぐりこんで巨大な積乱雲を発生させるためである。

写真は 1978 年にノースダコタ州オスナブロックを襲ったトルネードである。地上から土ぼこりが巻き上げられている。トルネードは直径数百メートルから 1 キロメートルに達し，その風は秒速 100 メートルをこえることがある。

トルネードはしばしばおそろしい力を発揮する。鉄橋を土台から引きはがしたり，60 トン余りもある客車 5 両を巻き上げたこともある。1974 年には約 150 のトルネードが集中発生し，そのうちの一つは 20 分間に 900 軒もの家屋を破壊したという。

トルネードは巨大な積乱雲から生まれる。

積乱雲が発達すると，その上部が風下の方向に張りだし，全体としてかなとこのような形になる。これをかなとこ雲とよぶ。その張りだした部分の下部に房状のかたまりがいくつもできることがある。これを乳房雲とよぶ。トルネードは，このようによく発達した積乱雲から発生する。

雲の下部に発生した渦が強い上昇気流によってひきのばされると，これが強力な換気扇のような役割をして，雲の下の空気を吸い上げながらしだいに下の方へのびてくる。これがトルネードである。地表に達したトルネードは，雲の移動にともなって時速 50 から 100 キロメートルのスピードで動きまわる。しかし，やがては力を失い雲の中に消えていく。

トルネードの寿命は普通 15 分ぐらいだが，時には何時間もあばれまわるものもある。

1971 年にカンザス州の田園地帯の上空をおおった乳房雲。この雲をともなった積乱雲からは 37 のトルネードが発生した。

26-27 ページのトルネードがやや勢力を弱めた姿。この後，上部のリング状の雲に巻き取られるように消えていった。

北極圏の夜空を焼くオーロラ

オーロラは大気と光の生みだす芸術の中で，最も荘厳かつ華麗なものであろう。北極および南極地方によくみられる。オーロラは地球磁気圏内の荷電粒子が地球の磁場によって加速され，高層の空気分子にぶつかって発せられた光である。

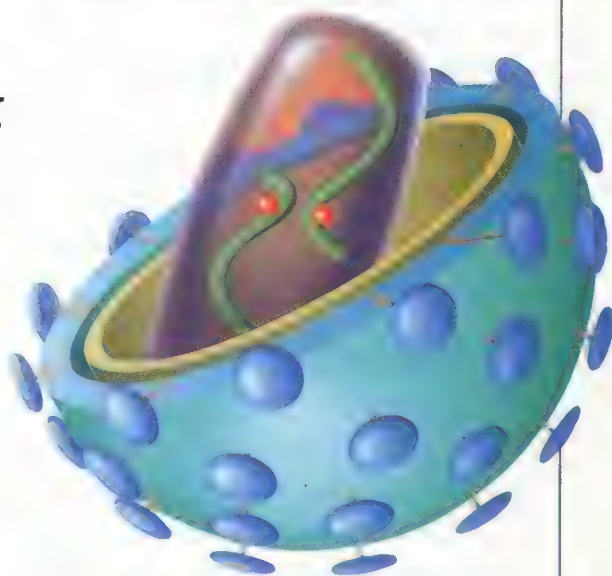
オーロラの光の色は荷電粒子が衝突した空気分子の特性によって決まる。酸素分子に当たると緑や赤色の光が発せられる。窒素分子にぶつかると紫色の光が出る。

オーロラの形は基本的にはカーテン状であるが，みる位置によってさまざまにその姿をかえる。写真はアラスカで撮影されたもので，オーロラを真下から見上げているために放射状にみえるのである。時にオーロラは全天に広がり，地上の雪を明るい色に染めるほどの「爆発」をおこすという。

特別インタビュー

エイズの時代を生きる

根岸昌功 東京都立駒込病院感染科医長に聞く

日本でもエイズの本格的な流行が
はじまっている。もはやエイズを他人事として
片づけることはできない。われわれは
エイズに対してどのような態度で
のぞむ必要があるのか。東京都立駒込病院で
7年以上もエイズ治療に取り組んできた
根岸昌功医長に聞いてみた。

Newton——基礎的なことからおうかがいします。エイズはなぜこわい病気といわれているのでしょうか。

根岸——人間はほかの動物と同じで，自然界の生物の一つとして生きているわけです。ですから人間の体の中にも，表面にも，外界にもたくさんの生物が暮らしています。それらの生物ときそいながら生きているというのが人間の実際の姿です。そのため人間の体には攻撃されないための防御の装置というものができているわけです。

しかしエイズの場合にはエイズウイルス(HIV：ヒト免疫(めんえき)不全ウイルス）によってその防御の装置，すなわち免疫機構がこわされてしまうために，いろいろな種類の病原体に攻撃されます。防衛力がない状態になるので，最終的には致命的な事態になってしまいます。

臓器移植などの場合には，一時的に免疫の力を落とすということがありますが，ある程度の期間がたちますと元にもどります。ところがエイズの場合には元へもどりません。ですから複数の病原体に攻撃されたり，一つの病原体が退治されたあとで，すぐに別の病原体から攻撃されたりということがおきます。したがって結果的には非常に死亡率が高くなります。これがエイズのこわさです。

Newton——最近，日本でもHIV感染者がふえています。日本の場合，感染ルートに特徴はありますか。

根岸——日本では初期のころ，血液製剤の治療を受けていた血友病患者の方が大部分を占めていました。それが最近では，本来の姿になってきているといえます。

Newton——異性間の行為で感染した人の比率がふえてきているわけですね。

根岸——そうです。

Newton——異性間感染の場合には海外で感染するケースが多いと聞いていますが，実情はいかがでしょうか。

根岸——海外で感染する人のほうがやや多いかなという気がしますが，私どもの外来の場合にはほぼ半々です。

Newton——先生はかねてからHIV感染の予防には「ハイリ

根岸昌功(まさよし)。東京都立駒込病院感染科医長。医学博士。1943年，東京都生まれ。慶應義塾大学医学部卒業後，川崎市立川崎病院，東京歯科大学市川病院，慶應大学を経て，1981年より現職となる。1985年には全国に先がけてエイズ外来を設け，以後HIV感染者の治療に取り組んできた。それ以外に講演やパンフレットの監修，電話相談なども行い，エイズ医療の全般で力をつくしている。現在，民間のサポートグループ結成の呼びかけも行っている。

スク・グループ」ではなく「ハイリスク・ビヘイビア」という考え方がたいせつだとおっしゃっています。従来からいわれてきた感染危険度の高いハイリスク・グループに属さない人でも，感染危険度の高い行動（ビヘイビア）をとれば，HIV 感染の危険があるわけです。性という人間にとって基本的な生活領域の中で感染するケースがふえてきているのですね。

根岸——そうです。

Newton——異性間以外に母子間という感染ルートもありますね。これはとても悲劇的なケースだと思います。この場合には感染率が非常に高いと聞いているのですが，いかがでしょうか。

根岸——WHO（世界保健機関）の推測では約 30 ％であろうといっています。しかしこれには文献がいくつもありまして，はっきりとはいえません。正確な数字がだんだん出てくるだろうと思います。

誤解の多い感染に関する知識

Newton——日本でも今後，身近に感染者の人がいるというケースが多くなると考えられます。その方とどうつきあっていくかが問題になるわけです。その場合に，このようなことでは感染しないという知識がないと，差別や偏見（へんけん）のもととなります。しかしこれに関してはまだ誤解が多いようです。感染の危険のある行為，感染することはありえない行為について，お教えください。

根岸——これは応用力の問題です。HIV が感染する経路は，感染している人の血液と濃厚に接触すること，性交渉，そして母子感染だけです。これ以外にはありません。いちばん誤解を招きやすいのは，だ液とカの問題です。この二つによって感染することはまったくありません。

Newton——だ液の場合も，危険はないといってよいのですか。

根岸——まずないですね。血だらけのキスをするというのは考えられません。

Newton——研究者の方はよくおっしゃられていますが，HIV 自体の感染力はそれほど強いものではない。たとえば B 型肝炎ウイルスなどにくらべると，はるかに低いそうですね。

根岸——そうです。100 分の 1 です。

Newton——すると消毒などをすることで，ウイルスは簡単に死んでしまうのですか。

根岸——そうです。医師が HIV 感染者の治療をするとき，注意すべき体液は血液以外にはないということがはっきりとわかっています。また消毒の方法もはっきりしていて，それが十分になされています。

体に感染者の血液がついたときには，なるべくすみやかに，完全に血液を洗い流しなさい，せっけんなどを使うのももちろんいいけれども，とにかく洗い流しなさいといわれています。

Newton——それは消毒液でなくても，とにかく洗い流すだけでもよいということでしょうか。

根岸——そうです。皮膚というのは非常に強いバリアーなのです。機械的な免疫です。そこから HIV が侵入することはまず考えられません。

Newton——熱にも弱いという話を聞いたことがあります。熱湯などでも消毒できるのでしょうか。

根岸——そうです。消毒のやりかたとして，燃やしてしまうとか，熱湯を使うとかの方法と，薬剤に弱いという性質を利用する方法があります。

Newton——ウイルスの実態や感染経路についての正確な知識が不足しているために，応用力がないということもいえ

こんなことでは感染しない。

今後HIV感染者の増加によって，自分の周囲にも感染者があらわれるかもしれない。エイズウイルスの感染力は非常に弱く，日常的な接触では感染しない。HIV感染者の精神的・社会的負担を少しでも軽くするためには，正確な知識がぜひとも必要である。

O.K.

- 学校や職場，電車の中などで感染者のとなりに座る。
- 体にふれたり，握手（あくしゅ）したりする。
- せきやくしゃみを受ける。
- トイレや水飲み場を使用する。
- 床屋や美容院での理髪(器具は消毒されている)
- 本や文房具を借りる。
- グラスや皿などの食器をいっしょに使用する。
- プールや浴場に行く。シャワーを浴びる。
- 輸血を受けたり，献血をしたりする(注射針は消毒され，血液はすべて検査されて使用されている)。
- カやその他の虫に刺される。

グラフィックインターナショナル『これだけは知っておきたい―エイズ(ティーンエイジャー編)』より作製

エイズ予防のためのパンフレットの数々。エイズに関する基礎知識や注意事項がわかりやすく解説されている。最近は日本でも多くの予防パンフレットがつくられている。

ますね。本質的なことがしっかりとつかめれば，自分で判断できるようになる。たとえばつり革は大丈夫とか……。

根岸——正確な知識が足りないうえに，「なんとなく気持が悪い」という感情や「ほんとうにそうなの？」という不信感がまざっているため，「これは大丈夫ですよ」といっても，なかなか納得してもらえないのです。

エイズと向き合うさまざまな治療法

Newton——HIV 感染者の方が病院にきた場合，先生はどのような治療を行っていますか。

根岸——まずその人の免疫の能力を調べます。いちばんの指標となるのは HIV の標的となるヘルパー T 細胞の数です。これがある程度まで下がってきた場合には AZT ないし ddI といった薬剤を使って，それ以上ウイルスがふえないための治療をはじめます。この値がさらに下がってきますと日和見感染をおこす危険性が出てきます。日和見感染の中で大きな位置を占めているのがカリニ肺炎です。これにはペンタミジンという薬剤の吸入療法がとても効果的です。私たちの病院でこの療法をやっていてカリニ肺炎をおこした例は皆無です。

Newton——エイズが発病するのをできるだけおさえるわけですね。残念なことに発病してしまったあとはどうされるのですか。

根岸——あらわれてくる日和見感染やエイズ脳症，悪性腫瘍などによって治療法がことなります。カリニ肺炎には先ほどのような治療法もありますが，日本人患者に多いサイトメガロウイルスの感染に対しては毒性の強い薬剤を使わなくてはならないケースもあります。

現在エイズ治療薬としては，AZT と ddI を使っています。最近アメリカで ddC も認可になりました。将来これも使えるようになるでしょう。ただしこれらの薬剤はどれも逆転写酵素阻害剤という仲間に属します。できればほかの方法で，HIV に効果をもたらす薬剤が登場するとありがたいのです。

Newton——先生は HIV 感染者の方に実際どんなことを話されていますか。

根岸——まず HIV 陽性であることの意味を説明しなくてはなりません。次に診療方針を説明します。それから，薬だけで発病を遅らせるのではなく，日常生活の方法もたいせつであることを説明します。体力を養う必要がありますし，この病気と闘っていくための気力を保つことも必要です。そのためには，その人の力になってくれる人をつくることがたいせつです。また，二次感染を防ぐための具体的な方法も相談します。最後に研究への積極的な参加を呼びかけます。

Newton——たんなる治療をするだけではありませんね。

根岸——どうしてこのようなことを説明するかといいますと，感染者の方は二つの大きな悩みをもっていることがわかったからです。一つは命が危ないということに対しての恐怖感，もう一つは自分がエイズであることを知られてしまった場合の社会からの孤立に対するおそれです。

エイズに関係のない人は1人もいない。

Newton——HIV 感染者の方の社会的な活動，つまり学校へ行くことですとか，企業で働くことについておうかがいします。ほかの人に感染させない手段さえとれば，感染者が普通の人とまったくかわらない生活を送ることができると考えてよろしいでしょうか。

根岸——まったくそのとおりです。

Newton——では，学校や会社などでも特別隔離したりするということは必要ないですね。

根岸——必要ありません。実際に隔離などをせず，普通に働いているケースで，机を並べている仲間が感染したという話はありません。

それについては非常に印象的なことがありました。先日のバルセロナ・オリンピックで，アメリカのバスケットボール選手のマジック・ジョンソンがチームの中でちゃんとプレーをしましたね。しかも相手チームもいやがるようすがありませんでした。「あのようなこともできるのですか」という，非常に大きな波紋を投げかけました。エイズに関する誤解がずいぶん払拭されたと思います。

「エイズをどのように理解し，これに対処していくかは，その人の生き方にかかわる問題だ」と語る根岸先生。

Newton——先生のところにかよわれている感染者の方でも，実際に社会的な活動を行っている方はいらっしゃるのですね。

根岸——当然います。

Newton——では感染者の方が不便を感じられているようなことはありませんか。

根岸——個人の情報が守られるかという社会科学的な問題があります。

Newton——感染者の方は会社や学校などに自分がHIVに感染していることを知らせているのでしょうか。

根岸——してないのではないでしょうか。感染者であることがわかってしまって，会社からほうりだされた人もいます。会社がちゃんとわかってくれて，いっしょに働いている人もいます。まわりの人の理解で，ずいぶんその人の人生がかわってきてしまうのです。

Newton——感染者の方にとって，まわりに自分のことを守ってくれたり，理解してくれる人がいることは大きな支えになりますね。日本でも今後エイズに関する知識がより普及すれば，社会的な状況はずいぶんかわってくるとは思いますが，現在の日本の状況についてはどうお考えになられていますか。

根岸——過渡期だと思います。

Newton——どのへんに問題があるのでしょうか。

根岸——まだこの病気が特別な病気であるという考え方があることと，受け入れる側の覚悟ができていないことです。自分だけはさけることができるのではないかという幻想をもっています。自分だけよければよいという考えがあれば当然そうなるのですが……。さらに自分の子供や孫の世代のことまで意識しているかどうかということでもあります。エイズに関係のない人というのは世の中にはいないわけなのですが。

Newton——たしかにまだエイズをよそ事と考えていて，一般的な知識はあっても，実際に身近で問題がおきたときにどう対応したらよいのかわからない人も多いと思います。

根岸——そうですね。これは，その人の生き方に関係する問題です。

Newton——こうした問題を解決するには，基本的には教育，啓蒙が重要になってきますね。

根岸——それはもう，しつこく，しつこくやる必要があります。

これからの日本のエイズ対策に期待

Newton——今後，予防や教育がだいじになってくると同時

に，積極的に検査を受けることも必要になると思います。この点につきまして先生のお考えをお教えください。
根岸――これもむずかしい問題になります。私としましては，感染のチャンスがあったということを自覚した以上は，適切な時期になるべく早く検査を受けてほしいと思います。そしてその事実にもとづいて，今後の生き方を考えてほしいと思います。

しかしこのことは，その人の個人情報をどう守れるかという，まわりの状況によってもかわってきます。また検査を受けるチャンスが十分に提供されているかという問題もあります。さらに感染していたときに，まわりの人がどうサポートできるのかという問題もあります。非常に深い問題です。
Newton――たしかに個人情報をどう守るかは，むずかしい問題ですね。検査の体制や制度的なものはある程度解決できても，個人情報については制度だけでなく，その人の自覚が問題になりますね。
根岸――よく「強制的に全員を検査してしまえ」とおっしゃる方がいます。おそらくこうした発言をする人はいつでもいるのだろうと思います。しかし検査をする者もされる者も人間である以上，いろいろな人間的な要素が入ってきます。それを考慮に入れないと，このような暴言になってしまいます。
Newton――今後医療体制がととのっていくことを前提に考えますと，医師の指導を受けながら，感染者の方が生活をつづけていくということが非常にだいじになっていくと思います。これにつきましてはいかがでしょうか。
根岸――それは陽性の人にどうなってほしいかという目標を，医療機関できちんとつかまえているかどうかということですね。これは医療機関のスタンスの問題になります。これについては医師のほうが学んでいかなくてはいけないですね。
Newton――たとえばアメリカなどでは患者の方の数も多いので，いろんな経験を積んでおり，日本より進んでいる面もあると思います。参考になる部分はありますでしょうか。
根岸――たくさんあります。たとえばサンフランシスコやシドニー，ボストン，ニューヨークなどのシステムです。そこでは医療機関が開かれた医療機関になっています。つまり物理的な医療だけでは感染者という人間をトータルでケアすることにはなりません。それ以外の心理的なケアや社会的なケアを受け入れていくことが必要で，医療機関そのものがほかのケアのシステムと連携していくという方向がみえています。

エイズについての主な電話相談窓口

公共団体など
- 全国の各保健所　保健所の開いている時間内
- 各都道府県庁のエイズ感染症対策担当課　庁舎の開いている時間内
- エイズ予防財団
  ☎0120-177812(無料)　月～金曜 10時～17時
- 都立駒込病院
  ☎03-3823-2101(代) 月～金曜 14時～16時30分
- 都立豊島病院
  ☎03-3961-3281(代) 金曜 15時～16時
- 都立墨東病院
  ☎03-3633-6151(代) 月～金曜 13時30分～15時
- 東京都エイズテレホンサービス
  ☎0120-048840(無料。テープ。都内のみ利用可) 24時間年中無休

※代表電話の場合には，エイズ相談の担当窓口へつないでもらう。

民間のボランティア団体
- HIVと人権・情報センター
  (東京)☎03-5256-3001　日曜 14時～18時
  (大阪)☎0720-48-2044　土曜 13時～18時
- エイズアクション
  ☎03-3359-2477　土曜 19時～22時

エイズの流行をおさえるためのさまざまな活動の中で，政府の機関と民間の機関とが資金面でも実際の活動の面でもおたがいに協力し，融合しながら一つのシステムが形成されているわけです。その中に病院が開かれた形で位置しており，実際に非常に大きな成果を上げています。
Newton――日本の場合には，そのようなシステムがなく，医療機関の体制もとれていない。さらに民間のグループの力も弱いという状況になりますね。
根岸――実際には民間のサポートグループが二つあって，しかもその中に感染者の方も参加なさっています。着実に力をつけ，具体的な動きを一歩一歩進めています。そうしたグループのもっている能力を十分に生かしていくというのも対策の一つだと思います。非常に明るい材料だと私は思っています。
Newton―― このほかに，先生が期待している点はありますか。
根岸――科学の面からいうと，エイズウイルスの研究に力を注いでほしいと思います。有効な薬剤が，のどから手が出るほどほしいのです。それからシステマティックに研究を進めてほしいと思います。日本はこれほどの経済力があり，そしてまだエイズの犠牲(ぎせい)は多くありません。したがって先進国の中では解決のイニシアチブをとるのに最も適した状況にあります。ひとりひとりでみると非常に優秀な研究者がいるのに，それが十分に生かされていないのがとても残念です。

バンクス植物図譜

200年の歳月を経てよみがえった キャプテン・クック世界一周，もう一つの成果

解説 **西村三郎**
京都大学総合人間学部教授

協力 **千葉県立中央博物館**

18世紀の探検家，キャプテン・クック。その名は探検史，航海史にさん然と輝いている。キャプテン・クックの世界一周航海といえば地理学的な発見にばかり目がいくが，実はもう一つの大きな成果があった。航海のさきざきで採取した植物をえがいた銅版画の『バンクス植物図譜』である。学術的価値は高かったが，さまざまな理由により印刷されずに眠っていた。200年の歳月を経て今，よみがえったあざやかな銅版画の数々を紹介する。

バンクシア・セラータ
Banksia serrata
バンクスとソランダーが，オーストラリア東海岸のボタニー湾で採集した標本にもとづいてえがかれた。ヤマモガシ科の常緑樹は高さは10～20メートル。図の枝の上部で多数の花が集まって咲いているようすは，まるでブラシのようである。下部のカスタネットのような形をした部分は，前年以前に結実した果実である。果実は山火事のとき火であぶられることなどにより裂け，種子を散布するといわれている。属名のバンクシアは，バンクスにちなんでリンネの息子によってつけられた。

キャプテン・クックの第1回世界一周航海に使われたエンデバー号。全長約30メートル。バンクス一行を乗せ，1051日かけて，西まわりで世界を一周した。

『バンクス植物図譜』は743枚の銅版画からなる版画集である。この銅版画は，イギリスの植物学者ジョーゼフ・バンクスがキャプテン・クックの第1回世界周航に同行した際に，現地で画家にえがかせた水彩画やスケッチをもとにしてつくられている。えがかれている植物の多くは新種であり，精巧に再現してある図版は学術的にも価値が高い。しかし銅版は印刷されることなく，200年もの間イギリスの大英博物館に眠っていた。今回紹介する『バンクス植物図譜』は1980年から9年もの歳月をかけて印刷されたものである。当時えがかれた水彩画を参考にしながら銅版に何色もの絵の具を塗りこんで1回で印刷し，さらに水彩画と比較しながら丹念に補正してある。非常に手間がかかるため印刷されたのはわずか120セットだけである。

モレトンワングリ
Castanospermum australe
オーストラリア東海岸，現在のヨーク岬のつけ根にあたるエンデバー川河口のクックタウン付近で採集した標本にもとづいてえがかれた。マメ科の高木でオーストラリア，ニューカレドニア，ヘブリディーズ諸島に分布する。花は大きく，長さが5センチほどに達し，ミツスイやオウムの仲間が花粉を媒介（ばいかい）することで知られている。種子はクリのように大きく，クリ同様に焼いたりいったりして食べることができる。

デプランケア・テトラフィッラ
Deplanchea tetraphylla
オーストラリア東海岸，エンデバー川河口で採集した標本にもとづいてえがかれた。ノウゼンカズラ科の低木である。葉は枝先に集まってつき，4枚が輪生する。花も同様に枝先に集まってつき，長さが約2.5センチである。蜜を大量に分泌（ぶんぴつ）するため，鳥や小動物が蜜をなめに訪れる。

クリアントゥス・プニケウス
Clianthus puniceus
ニュージーランドで採集した標本にもとづいてえがかれた。ニュージーランドに固有に分布するマメ科の低木で，高さ1～2メートル。よく枝分かれする。花は長さ約8センチと大きく，だいたい8個前後のかたまりとなって咲く。英名はParrot's-Billで，オウムのくちばしという意味である。クリアントゥス属は2種からなり，ほかの1種はオーストラリアに固有である。

ディレニア・アラータ
Dillenia alata
オーストラリア東海岸で採集した標本にもとづいてえがかれた。ビワモドキ科の木で高さ6～18メートル。幹は赤褐色である。花は黄色で直径が6～8センチと大きく，1～2日間咲きつづける。中央部分にえがかれているのが果実で，中の心皮(しんぴ)が赤く縁どられている。海岸近くの川岸に沿って生えている。

大いなる遺産『バンクス植物図譜』をめぐる人々
西村三郎

(1770年5月)6日，日曜日。夕方，ボートの一行は600ポンド近いエイ2尾を釣りあげて帰ってきた。この地でバンクス氏とソランダー博士が採集した植物の新種がじつに大量だったのにちなんで，私はここをボタニー・ベイ（植物学湾）と命名することにした。

（中略）この入江に滞在中，私は英国国旗を毎日掲げさせ，また，給水場所の近くに生えている木の2本の幹に(われわれの）船の名および日付などを彫み込ませた……。

――キャプテン・クック

『エンデヴァー号の航海』より。

18世紀――第二の大航海時代，そして博物学の時代。

18世紀を代表する大航海者といえば，だれもがまずキャプテン・クックをあげるだろう。当時空白のまま残されていた南太平洋地域や南極海などを明らかにし，第3次航海の途中，ハワイで悲劇的な最期をとげたキャプテン・クック。彼の名は航海史，探検史上にさん然と輝いている。

18世紀は，15世紀から16世紀にかけての大航海時代に次ぐ，ヨーロッパ人による「世界発見」の時代であった。だが，この二つの大航海時代の性格はたいへんちがっていた。15世紀から16世紀にかけての航海は，ほとんどが金銀財宝や香料などのめずらしい物産を求めてのものだったのに対して，18世紀の航海は科学的調査発見を旗印に行われた。クックの航海も，第1次のときは南太平洋のタヒチ島で金星の太陽面通過の観測を行うのが第一の目的だった。第2次のときは南半球にあると信じられていた「未知の南方大陸（テラ・アウストラリス・インコグニタ）」の存在を探るという地理学的な調査を目的とした航海であった。

17世紀の科学革命の時代を経て，世の中は大きくかわった。「世界を知ること」「地球を知ること」が，当時の人々の意識の中で大きなウエートを占めるようになっていた。人々が自然の事物のすべてを知りたいという博物学の視点で世界をみていた時代，それが18世紀だった。この時代潮流（ちょうりゅう）を抜きにしては，バンクスを語ることはできない。

世界一周航海へ。そして3万点もの植物標本採集。

日本ではあまり知られていないが，ジョーゼフ・バンクスは18世紀のヨーロッパで最も高名な人物の1人である。ロンドン王立協会（ロイヤル・ソサエティ）の会頭であり，科学

バンクスらが1770年にオーストラリアのボタニー湾で採集した標本(左)と，スケッチをもとに帰国後えがいた水彩画(中央)。銅版(右)は水彩画を手本として彫っているため，刷り上がり(38ページ)は水彩画と左右が逆になっている。つるの巻く方向も実際とは逆になるため注意が必要である。

の振興のためにばく大な財産をおしみなく投じた。しかし何よりも，キャプテン・クックの第1次航海に博物学者として参加し，南太平洋の植物に関する数々の貴重な資料をヨーロッパに持ち帰った人物として，その名は内外に鳴りひびいていた。

バンクスは1743年にロンドンの裕福な家に生まれた。少年のころから自然が好きで，ふとしたことから植物学に開眼，以来植物への興味は年とともに強くなっていった。当時，カール・リンネが植物分類に関して新しい分類体系を提唱していた。少年バンクスはこれに接してたちまち熱烈なリンネのファンとなり，植物の採集と研究にいっそう熱を入れるようになる。

バンクスが博物学者，画家たちをひき連れてエンデバー号に乗りこんだのは，1768年8月，バンクスが25歳のときである。彼の協力者であり，リンネの高弟でバンクスに博物学を説いたダニエル・ソランダーは35歳であった。画家のシドニー・パーキンソンは22歳か23歳になったばかりだった。ほかに画家がもう1人，助手1人，召し使い4人が同行した。これら8人の同行者の分を含め，必要な諸費用はすべてバンクスが負担した。

バンクス一行の参加により，航海の目的が当初の天文学的・地理学的なものから，博物学的な色彩の濃いものへとかわった。カメラがなかった当時としては，訪れたさきざきでその土地の風景や風俗をイメージ豊かに記録するには，どうしても画家の助けが必要だった。さらにバンクスは，探検の学問的成果を図版入りで刊行することを考えていた。そのためにはぜひとも腕のよい画家を同行して，採集した動植物の標本を新鮮なうちに写生させなければならなかった。こうして選ばれたのが2人の画家で，なかでもパーキンソンは若いながら博物画の名手として白羽の矢を立てられたのであった。

バンクス一行を乗せたエンデバー号は大西洋を南下し，南アメリカの南端ホーン岬を通って，西まわりで航行した。立ち寄るさきざきで，バンクスとソランダーは動植物を採集し，種類を調べ，特徴を記載する。画家たちは，動植物が生きている状態のうちに次々とスケッチをする。もちろん，ほとんどが学界未知の種であった。植物標本は約3万点，約5000種にも上り，そのうち1400種が新種であった。とりわけパーキンソンの活躍はめざましく，1000枚をこす動植物の水彩図とおびただしい数の風景や民俗などのスケッチをかきあげている。このようにしてぼう大な数の博物標本，記載原稿，図版が着々

ツルキントラノオ *Stigmaphyllon ciliatum*

と集積されていった。

大いなる辛苦の末に完成した753点の銅版

当時は船で海外へ出かけることは大きな危険を意味していた。3年間にわたるエンデバー号の航海でも総乗組員131人のうち，38人が病気や事故で死亡している。バンクスの一行も9人中5人を失った。その中にはパーキンソンも含まれていた。彼はジャワ島で赤痢(せきり)に感染し，インド洋上で死亡した。こうした大きな犠牲(ぎせい)のうえに探検航海は遂行されたのであった。

帰国してすぐに，バンクスはソランダーの協力を得て採集標本の整理にかかり，その一方でパーキンソンの残した原図をもとに植物図版の制作に着手した。すべての植物図をフォリオ判全14巻として刊行する計画であった。画家を雇(やと)ってパーキンソンの原図を完成させ，彫版師に銅版を彫らせた。もちろん費用はすべてバンクスが自分のポケットから出した。ぼう大な時間と費用をかけて753点の銅版は完成した。しかし，バンクスの生前にはついに刊行されることがなかった。1782年に仕事なかばで協力者のソランダーが他界したことと，バンクス自身が王立協会会頭就任などで事業を続行する時間的余裕を失ったためと思われる。

1820年にバンクスは永眠する。それからしばらくして，彼が準備させた753点の銅版は，全世界から集めたぼう大な植物標本や文献といっしょに大英博物館におさめられた。

こうして世界周航探検から得られたバンクスとソランダーの研究成果は，ついに刊行されずに終わった。しかし彼らの仕事は生前から学界で広く知られていた。まだ原稿段階にあったにもかかわらず，彼らの命名した学名が一部ではすでに通用しはじめていた。それほどこの世界周航探検での偉業は大きく，かつ注目されていたのである。

200年を経てよみがえった『バンクス植物図譜』

動植物の場合，精巧にえがかれた図版は重要な価値をもつ。この点は昔も今もかわらない。19世紀末からバンクスの植物図版をせめて部分的にでも刊行しようという試みがなされ，1，2は実現をみたが，きわめて不十分なものに終わっていた。

それが1980年になって，イギリスのアレクト歴史双書社が図版753枚のうち743枚を原色で印刷，刊行する計画を立てた。9年の歳月をかけてようやく完成したものが，今回紹介した『バンクス植物図譜(ずふ)』である。銅版に少しずつ色のことなる絵の具を流しこみ，10色，多いときには15色も重ねていくという，非常に手間のかかる仕事である。最後に原図と比較しながら，1枚1枚手彩色で丹念に補正する。このように手間のかかる工程のため，大量に刷るのはとてもむりである。今回も印刷されたのはわずか120セットだけだった。

ヨーロッパ人にはじめてカンガルーの正確な姿を伝えたのもバンクスであった。

印刷に際しては，このほかにもいろいろ苦労があったと聞いている。多くの苦労の末，実に200年の歳月を経てバンクスの意図が実現された。南半球の植物について多くの新知識を提供したバンクスとソランダーの研究成果を具体的に図示している点で，この図版の植物学上の価値は不滅である。また，18世紀の画家や彫版師と現代のたくみな印刷技術とが世紀をこえて結び合い，生みだされた貴重な世界の文化財として，この植物図譜はいつまでも美しい光を放ちつづけるにちがいない。

若き日のジョーゼフ・バンクス（1743～1820）

ソシエテ諸島原住民の船。寄港先の民俗や風景を記録することも航海の重要な目的であった。

NEWTON SPECIAL

最新

ストーンヘンジから虚数時間,

地球の自転によって星たちは日周運動を行う。太古の昔，星たちの円環運動をみた人々は，宇宙を流れる神秘的な時間について思いをはせたことだろう。アメリカ，ユタ州のアーチズ国立公園で撮影された。

時間論

タイムマシンへ

協力 PART I
桜井邦朋 神奈川大学工学部教授
PART II
江口 徹 東京大学理学部教授
田中 一 札幌学院大学社会情報学部教授
和田純夫 東京大学教養学部講師

時間とは何か？　これは人類最大のなぞの一つである。月や星たちの周期的な運動をみた古代の人々は，時間はくりかえす循環的なものだと信じた。14世紀に機械じかけの時計が発明されると，時間は一定のスピードで未来へ流れるとの考えが強くなった。そして20世紀のはじめ，アインシュタインは相対性理論で時間概念の革命を行った。

古代の時間観から相対論，虚数時間，タイムマシンまで，時間のなぞを総特集する。

時間とは何か。それは人類が抱いてきた

The TIME MACHINE

By H.G. Wells

Author of "The First Men in the Moon," "The New Accelerator," etc.

" . . . the sightless eyes of the crouching figure of the white sphinx seemed to watch me. I stood, panting heav
lever. . . . Soon a little group of these exquisite creatures were about me. I felt soft little tentacles on my b
They wanted to make sure I was real.

148

アメリカのSF雑誌『アメイジング・ストーリーズ』1927年5月号(右)に掲載されたウェルズの『タイム・マシン』。小説の主人公は写真のようなタイムマシンに乗って，80万2701年の未来へ旅行した。

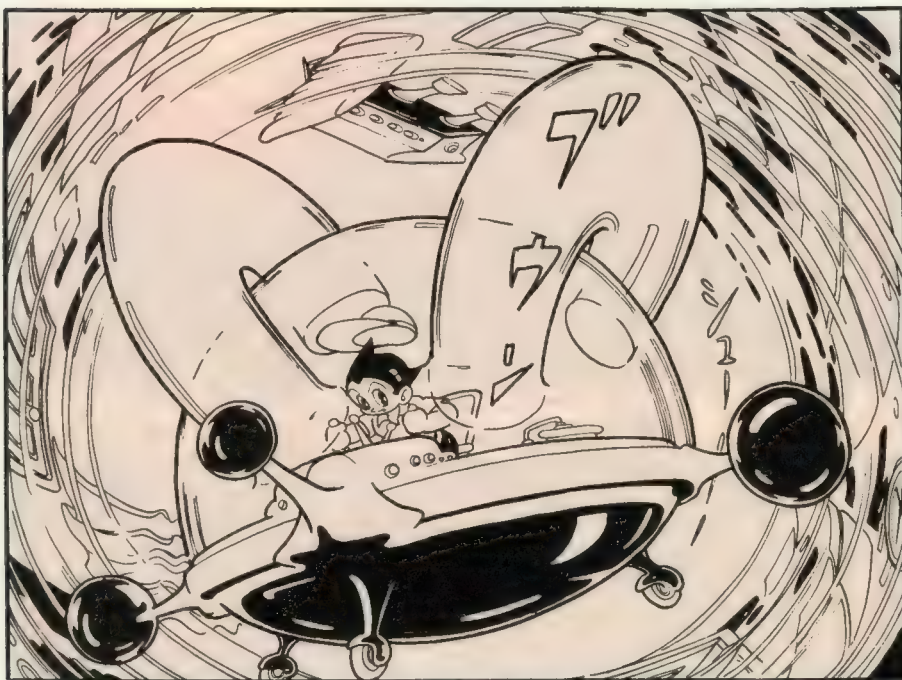
最大のなぞの一つだ。

時間とは何でしょうか。時間は過去から未来へと一方向だけに流れ，逆行することはありません。時間を止めることもできません。一度おきてしまったことを，やり直すことはできません。楽しいときの時間は速く流れ，つまらないときの時間はなかなか経過しないように感じられます。

時間は現代物理学にとっても重要なテーマの一つです。ブラックホールの時間，虚数(きょすう)時間，タイムトラベル，時間のアトムなど，あとで説明するように時間に関する議論が活発に行われています。

その本質は今もってなぞである時間の中を自由に旅行できたら……。時間旅行，タイムトラベルは人類の長年の夢の一つでもありました。イギリスの小説家ハーバート・ウェルズが1895年に発表した『タイム・マシン』は，そうした人類の夢を小説化した最初のものでしょう。主人公はタイムマシンに乗って西暦80万2701年の未来へ旅します。ちなみにアインシュタインの「相対性理論」によれば，未来へのタイムトラベルは理論的に可能です。その方法については66ページをご覧ください。

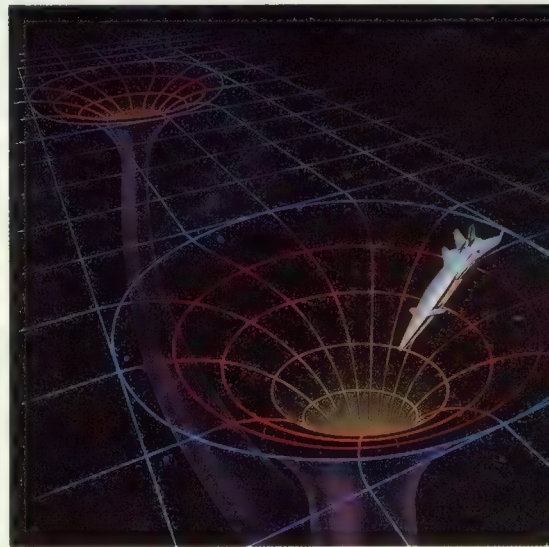
映画『バック・トゥー・ザ・フューチャー』では，主人公は過去へタイムトラベルします。過去へのタイムトラベルはホーキングをはじめ多くの物理学者が頭を悩ませている難問で，まだ可能かどうかの答えが出ていません。過去へのタイムトラベルには大きなパラドックス（逆説）が含まれているからです。だれかが過去へタイムトラベルしてあなたの両親の仲を裂いてしまったら，あなたは生まれてこなかったことになります。そのようなことがほんとうにおきるのでしょうか？

時間とは何か。それは人類が時間というものを意識しはじめてから抱きつづけてきた大きななぞといえるでしょう。次に，古代の人々からアインシュタイン登場までの人類の時間観の移りかわりをみていきましょう。

漫画『鉄腕アトム』の「ロボット流し」に登場した航時機(タイムマシン)。アトムは21世紀の未来から20世紀に旅行した。

1988年，アメリカ，カリフォルニア工科大学のキップ・ソーン博士らが，ワームホールを使ったタイムトラベルの論文を発表して，話題になった。

1991年，アメリカ，プリンストン大学のリチャード・ゴット博士が，宇宙ひもを使ったタイムトラベルの論文を発表した。

PART I

人類は時間をどのようにとらえてきたか

桜井邦朋 神奈川大学工学部教授

循環する時間
天体の運行から時の移り行きを知った古代

紀元前3000年ごろ，エジプトの人々は日の出直前に東の空にあらわれるおおいぬ座のシリウスが，ナイル川の増水する前兆となることを知っていました。これによって1年をはんらん期，地の回復期，乾期の三つに分け，ナイル川に沿う農耕に役立てていました。

古代のエジプトやバビロニアは，農耕を中心とした文明でした。そのため，1年という周期とその中での季節の移りかわりをくわしく知る必要があったのでしょう。いろいろな星々，太陽や月の天空上の運行についてくわしく知り，時の移り行きを理解することが欠かせなかったものと思われます。

太陽が天空上で規則的に位置をかえていき，ある期間がすぎると，ふたたび元の位置にまでもどってくること，月の満ち欠けにも規則性があり，月も天空上をある周期で移行していることなどが，長い間の観測と経験を通じて明らかにされていました。このような知識をもっていたことから，古代の人々は，こうした天文現象が自分たちの生活と密接に関係していることを，やがて理解するようになったにちがいありません。

そうして，ついには，天文現象にはそれぞれ固有の時間的な周期性があることを学びとり，暦と時間という概念をもつようになりました。古代エジプトの遺跡であるカルナク神殿には，夏至の日没，冬至の日の出の方向が正しく決められる回廊があります。古代エジプト人は，太陽の天空上の通り道を観測することから1年の長さを知り，「太陽暦」とよばれる暦を作製していました。

詳細な天文観測から古代エジプト人は1年の長さが365日よりも約4分の1日だけ長いことに気づいていましたし，シリウスが日の出直前に東天に昇

イギリスのソールズベリー平原にあるストーンヘンジ。円の直径が約100メートルにもおよぶ巨大な環状列石は，古代の天文台だったのかもしれない。当時の人々は太陽や星々の運行を観測することで時の移り行きを知った。

人は，時間を循環するものとしてとらえた。

ってくる周期が1460年であることも知っていたのです。

天文現象から時の移り行きをはかっていたのは，古代エジプト人だけではありません。イギリスのストーンヘンジとよばれる巨大な環状列石には，夏至の日の出がみえる方向に「アヴェニュー」とよばれる平らな道がのびています。ここではさらに，冬至の日の出の方向も観測できるし，一年を通した月の天空上の移動も観測できるくふうが，いろいろな石を配置することでできるようになっていました。

古代のシュメールやバビロニアの人々は，夜空をいろどる星々の観測を通じて，1年の長さが365日ほどあることに気づいていました。それに応じて36個の星座を考案し，星座の動きから一年を通じた季節の移りかわりを知ったのです。これらの星座の中で，天空上の太陽の通る道にある星座12個を取り上げて獣帯（じゅうたい）の星座としましたが，これは現代にまで残っています。

月の天空上の運行では，月が毎晩位置する星座を28の星宿（せいしゅく）として数え，この星座を観測することから，時の移り行きをはかるくふうもなされました。月が天空上を1周する時間は27日と3分の1ほどなので，28の星宿を考えるのは正しくありません。しかし古代人には分数や小数の概念がなかったので，月が天空上でとどまる28の星宿を考えだしたのでしょう。

今までにのべたような時の移り行きの数え方は，すべてが周期性をもったもので，古代に生きた人々は1日とか1年とかいった循環する時間に気づいていたと思われます。したがって，彼らがもった時間概念は循環的なものでした。だからこそ，時間がくりかえすアイデアを用いた暦のようなものがつくられることになったのでしょう。

伸び縮みする時間

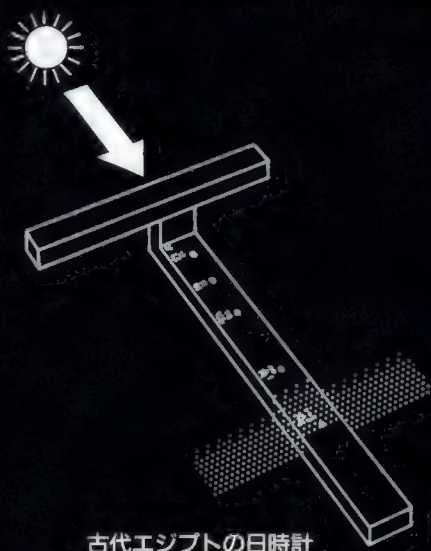
古代エジプト人は昼夜を12時間ずつに分け，一年

古代エジプト人は1年を360日と5日の和に分け，5日を1年の終わりにつけ加えていました。そしてこの360を天空の分割に用い，角度をはかる基準としました。六十進法が発明されたのは，このような理由によります。古代エジプト人は，天空を36の星座でくぎり，これらが一年を通じて天空を横切っていくのを観測しましたが，星座を利用して時間もはかっています。

夏の夜空は8時間ほどですから，この時間中に天空を12個の星座が横切ることになります。ここから夜の時間12時間が決められました。他方，昼も12時間とされましたので，当時の時間は一年を通じて伸び縮みするものでした。夜，昼の1時間の長さが一年を通じてかわっていくのですから，今日からみればずいぶん不便に思われます。おそらくそれほど時間にこだわることのないおおらかな時代だったのでしょう。

1日が24時間であり，午前，午後12時間ずつの区分は，こんなに古い時代にまでさかのぼることができるのです。1日の時間の中で，何時か知るために，古代人は時をはかる機械を考案しました。それらが現在に知られる日時計と水時計です。

古代エジプトでは，板を組み合わせてT定規と似た形をつくり，先を直角に曲げてそのT形の上の横板がつくる影の長さをはかって，時間を決めていました。たとえば午前の場合にはこの曲げた側を太陽の方向に合わせて，水平方向の板に映った影の長さをはかったのです。午後には午前とは逆向きにして，同様に影の長さをはかりました。

古代人がもった時間のアイデアは，1日，1年という周期でくりかえすもので，正確な時間を必要としませんでした。しかし時間を循環的にとらえるのではなく，次々とおきる事件はたった

古代エジプトの日時計

1回きりであって，時間は一方向にすぎていくのだという考えもすでに芽生えていたのです。古代ユダヤ教を信仰した古代ヘブライの人々には，こうした直線的ともいえる時間に対する考えがありました。

自分たちの信仰する神は，特定の歴史的事件をただ1回だけおこします。歴史は神が目的を果たすためにつくられるものであり，したがって，歴史的事件が周期的にくりかえしておきることは神への冒とくであると，彼らには考えられたからです。キリスト教の教義にあって，中心的な出来事はキリストの死と復活でした。したがって，同様の出来事が，周期的にくりかえされるとは考えられません。このような宗教的な教義から，直線的にすぎていく時間，つまり直線的時間が考えられるようになったのです。

エジプトのデンデラにあるハトホル神殿の天井にきざまれた星座図。黄道に沿う星座が36個えがかれている。夏の夜，天空を12個の星座が横切ることから，夜の時間を12区分することが決められた。

を通じて伸び縮みする時間を決めた。

直線的時間の発見と崩壊

14世紀に入ってはじめて，一定不

ヨーロッパの中世には，人々はまだ時間や日付に対して，ほとんど注意を払っていなかったようです。時間が循環的であるならば，日付はたいした意味をもちません。しかし徐々に人々の生活に時間を正確にはかる必要が出てきました。14世紀になるとはじめて機械じかけの時計が考案され，時間が一定不変のスピードですぎていくことが認識されるようになったのです。

時計の精度の向上に大きな貢献をしたのは，ガリレオ・ガリレイでした。彼がイタリアの港町ピサのある教会の中の天井からつり下げられたランプのゆれをみて，振り子の等時性について気づいたことはよく知られています。等時性とは，振り子の振動の周期は振り子の長さだけで決まり，おもりの重さには関係しないことです。この振り子の等時性を応用して，時計を調整する装置を考案しました。

これを実現したのがオランダの物理学者クリスチャン・ホイヘンスで，ガリレオの死後，14年たった1656年のことでした。ある一定の周期運動の回数をはかるこの方式は，現在の精密な原子時計でも使われています。時間のはかり方はそのころと今とかわりはないのです。

ガリレオにはまた，時の過ぎ方が人々の主観をはなれ，この宇宙のどこにあっても一様に流れているというアイデアがありました。彼は物体の自然落下運動における速さや距離を時間の関数として求め，距離が落下を開始してからの時間の2乗に比例することを見いだしました。ガリレオは，この自然落下運動のパターンは，地表面に沿

ガリレオが考案した振り子時計

宇宙のどこにあっても一様に流れる絶対時間のアイデアは，私たちが普通にもつものであろう。しかしアインシュタインの登場で，その時間観は崩壊してしまった。

変の時間が認識されるようになった。

って並行に一定の速度で運動している場合でもかわりがないことを，船上での実験で確かめたといわれています。

この結果から，静止しているある座標系に対し，一定の速さである決まった方向に運動している座標系でも，時間は共に同じに進んでいると考えられます。このような座標系は「慣性座標系」とよばれています。時間の進み方は，人間が運動を研究するのにとった座標系という枠組みからは，なんの影響も受けないというのです。

時間の流れがどのような慣性座標系でも一様に同じに進むのであれば，これらの座標系すべてを超越して流れる一様な時間が考えられるでしょう。アイザック・ニュートンは，このような時間を「絶対時間」とよびました。しかしこの絶対時間は，アルバート・アインシュタインの登場で崩壊してしまうのです。

PART II 最新 時間論

特殊相対性理論と時間

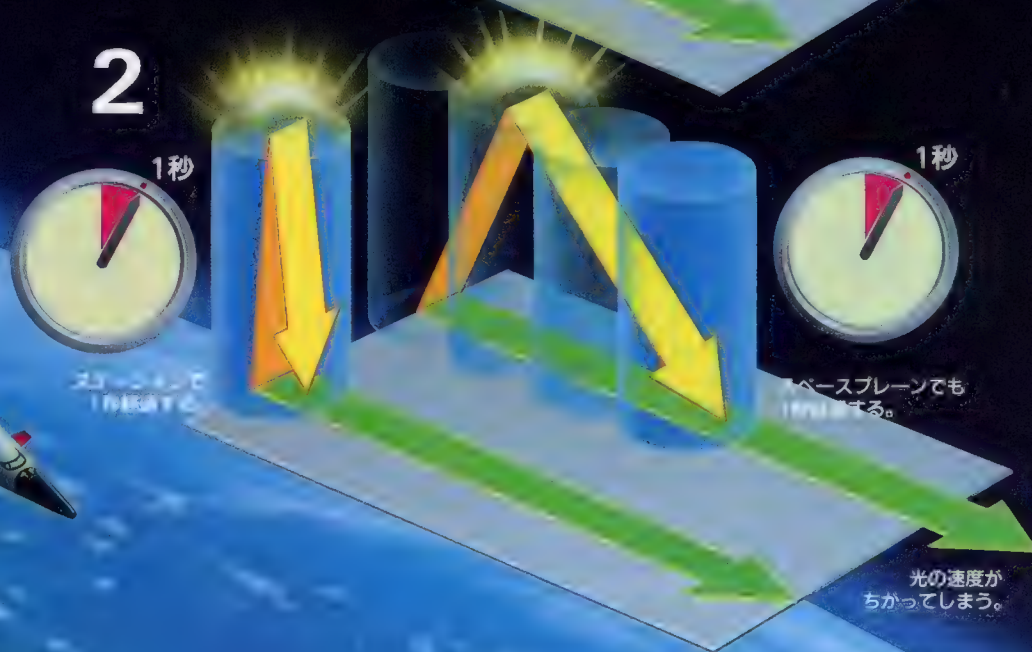
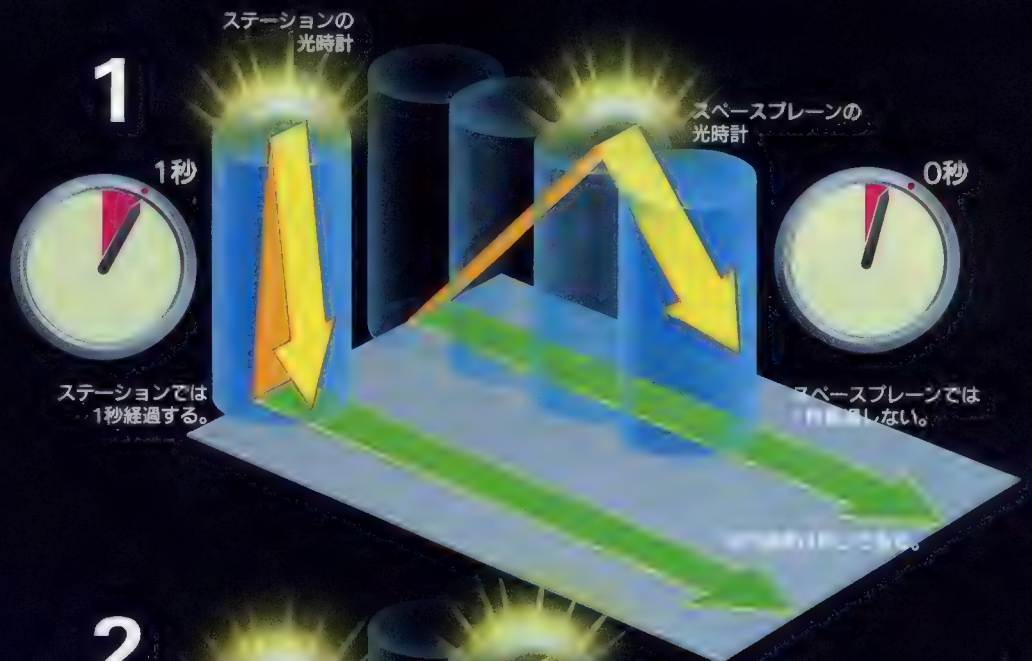
物体が運動をはじめると時間の経過が遅くなる。

1905年，人類の時間の研究にとって革命的な事件がおきました。ドイツ生まれの26歳の青年物理学者アルバート・アインシュタインが「特殊相対性理論」を発表したのです。この理論は時間についておどろくべき結論をのべていました。運動する物体の時間の進み方は，静止している物体の時間の進み方より遅くなる。ある人からみて同時におきた出来事も，運動している別の人からみると同時にみえないというのです。

アインシュタインは当時問題になっていた光の速度について深く考えました。物体の速度というのは，それを観測する人によってかわるというのが従来の考え方でした。物といっしょに動いている人からみれば物は止まっているようにみえるし，物と逆の方向に動けば実際より速くみえます。ところが電磁気学の法則では，光の速度はだれがみてもかわらないという結論が出ました。そして光の速度が測定され，電磁気学の結論が正しいことがわかったのです。

速度は物の進んだ距離（空間）を時間で割ったものですから，この結果は従来の時間と空間に対する考えが誤りだということを意味します。こうしてアインシュタインは，時間や空間は光の速度が不変になるように遅れたり縮んだりするとの結論に達したのでした。

運動する物体の時間の遅れは，速度が光速に近づくほど目立つようになります。粒子（りゅうし）が光速近くで運動している加速器の中では，粒子の寿命が100倍にも1000倍にものびています。光にくらべてはるかに遅い私たちの日常生活では，時間の遅れはほとんど感じられません。しかし，時速100キロの車に乗っているあなたの時間は，静止している人の時間にくらべて約0.0000000000005%遅くなっているのです。

地球に対して静止しているスペースステーションの横を，スペースプレーンが等速度で通過した。ステーションからスペースプレーンの光時計をみると，どのようにみえるのだろうか。

運動するとなぜ時間が遅れるのか

特殊相対性理論のポイントは，「一定の速度で運動しているどの人からみても物理法則が同じ形になるように，時間は遅れ空間は縮む」というものだ。21世紀の宇宙を舞台にこのことを考えてみよう。

地球に対して静止しているスペースステーションの横をスペースプレーンが等速度で通過した。ステーションとスペースプレーンには光時計が積んである。光時計では円柱の中を光が規則正しく反射しており，光が1往復したら1秒とする。

静止しているステーションの人が，運動しているスペースプレーンの光時計をみる。スペースプレーンの光時計は動いているので，光時計の光は斜めに進むようにみえる（1）。ここで特殊相対性理論のポイント「一定の速度で運動しているどの人からみても物理法則は同じ形になる」を思いだそう。特殊相対性理論によれば動いている光時計の光のスピードも，静止している光のスピードと同じになる。そこで，静止しているステーションで光が1往復して1秒が経過しても，運動しているスペースプレーンでは光が斜めに長い距離を進まなければならないので1往復できず，1秒たたない。

ここで視点をかえて，運動していても静止していても時間はまったく同じに進むと考えてみよう。すると（2）のように，静止している光にくらべて運動している光の速度が速くなる。これでは観測する人の運動のちがいで，物理法則である光の速度が変化してしまうことになる。

時空と一般相対性理論

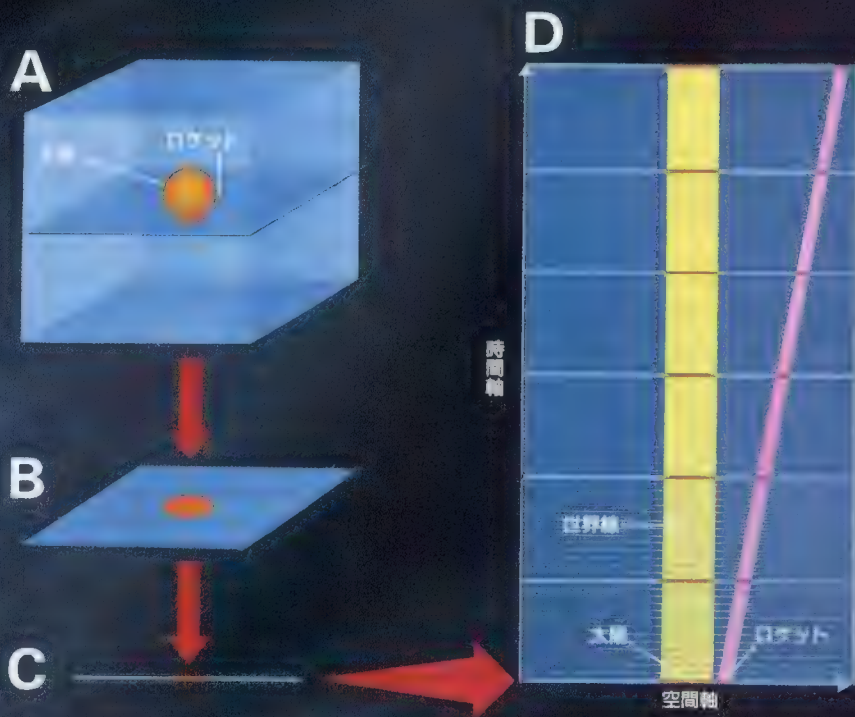
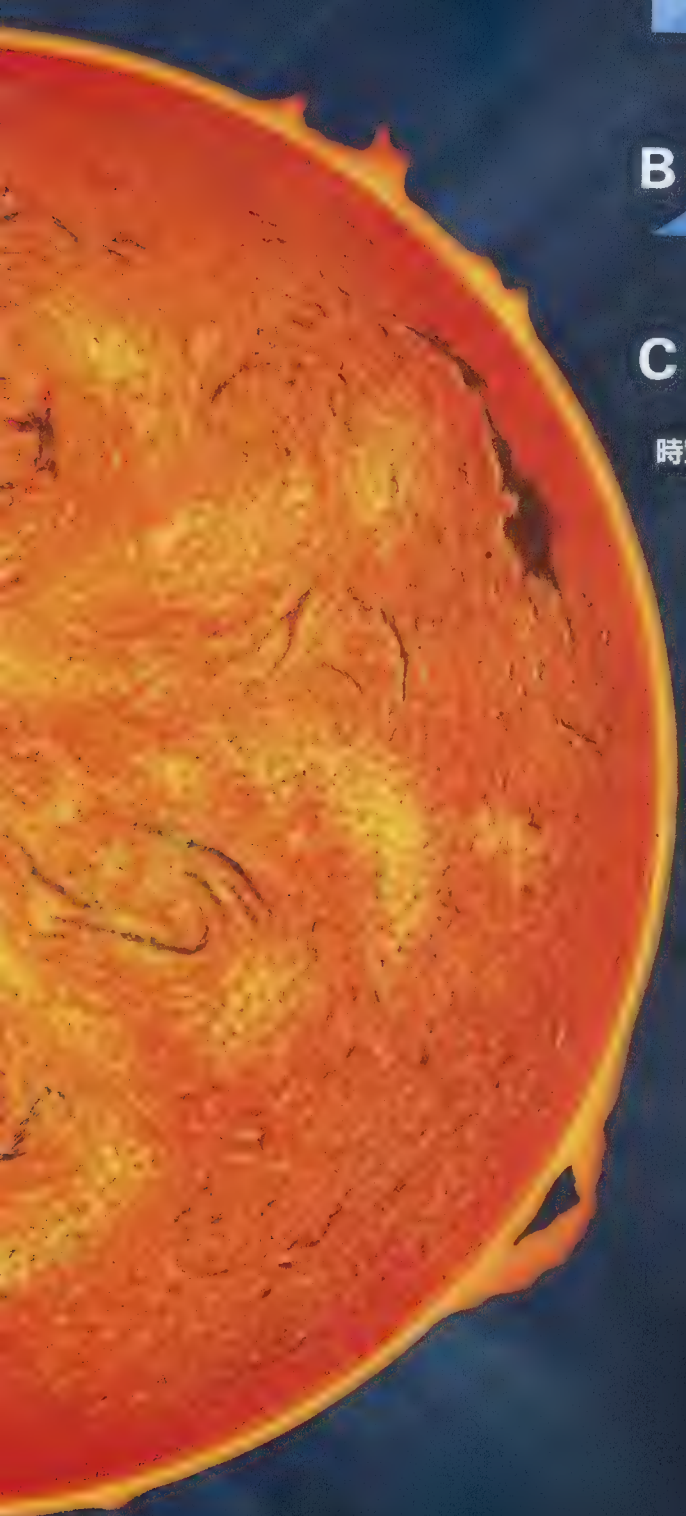
物質は時空をゆがめ，時間の進み方を遅らせる。

時間概念の変革はアインシュタインによってさらに進められました。それが1916年に発表された「一般相対性理論」です。特殊相対性理論は，物体が運動すると時間の進み方が遅れることを明らかにしました。一般相対性理論はさらに進んで，物体は存在するだけでまわりの時空をゆがめ，時間の進み方を遅らせてしまうというのです。

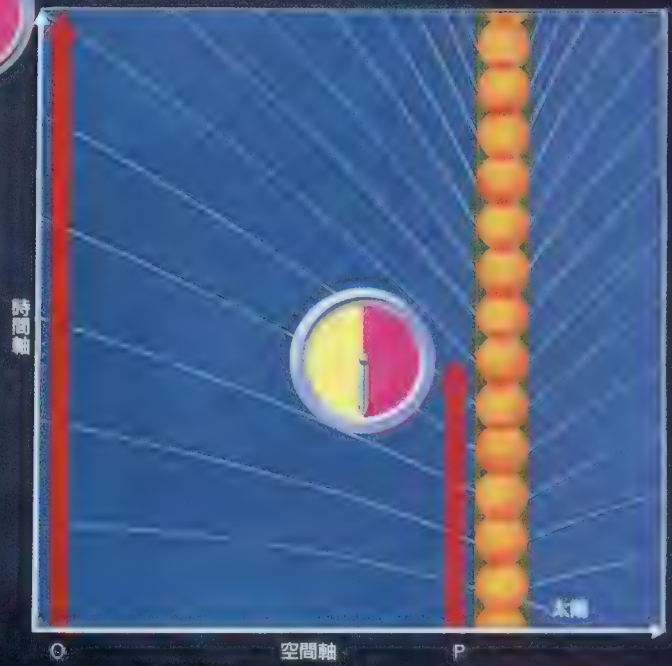
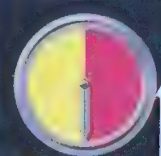
ここで「時空」について考えてみましょう。アインシュタインの特殊相対性理論は，時間と空間は密接に結びついて時空というものをつくっていることを明らかにしました。時空とは，空間を時間に沿って並べたものです。たとえていえば映画のフィルムの1こまがある瞬間の空間にあたり，これを時間に沿って並べた映画そのもの，つまり世界そのものが時空です。

一般相対性理論の画期的な結論は，時空はたんなる入れ物ではなく，その中にある物質と相互に影響し合うという点です。物質が存在するとまわりの時空はゆがめられます。時間は遅れ，空間は伸びるようにゆがめられます。あなたの体も計測できないほどわずかではありますが，まわりの時空をゆがめ，まわりの時間の経過を遅らせているのです。

時空をゆがませる効果は物体の質量が大きいほど大きくなります。地球のまわりでは，地球が時空をゆがめて時間を遅らせている結果が実際に計測されています。高さ23メートルのビルと地上をくらべた場合，地上のほうが屋上より0.0000000000001%ほど時間の経過が遅れているのです。

太陽からはなれていく惑星間ロケットを例に，時空について考えてみよう。

時空とは何か

時空とは，瞬間，瞬間の空間を，時間に沿って並べたものである。惑星間ロケットが太陽から等速度ではなれていく出来事を例に時空を考えてみよう。話を単純にするために3次元の空間（A）を，2次元の空間（B）に，さらに1次元の空間（C）に次元を落とす。これを時間の経過に沿って並べた（D）のが，空間1次元の場合の「時空図」である。

時空図では，動かない太陽の軌跡は時間軸に平行な直線になる。ロケットは時間の経過とともに空間を動いていくので，軌跡は斜めの直線になる。物体の軌跡を示すこうした線を「世界線」という。

物体は時空をゆがめる。

一般相対性理論によれば，物体は存在するだけでまわりの時空をゆがめる。時間は遅れるように，空間は伸びるようにゆがめられる。遠方（O）にくらべて太陽のまわり（P）では，時間の経過はゆっくりになる。

ブラックホールの時間

ブラックホールの入り口で時間はその歩みを止める。

宇宙には，質量によって時空が極端にゆがめられてしまったところがあると考えられています。そこがブラックホールです。

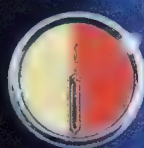
ブラックホールもアインシュタインの一般相対性理論によって存在が予言されました。この論文が書き上げられた2か月後，ドイツの数学者カール・シュバルツシルトはアインシュタイン方程式をとき，空間の一点に質量が集中するとそのまわりに奇妙な境界面ができることを発見しました。外からこの境界面の中に入ることは自由ですが，入ったら最後，光であろうと外に出られないのです。この境界の内部こそがブラックホールです。外の世界との境界面は「事象の地平面」といいます。

ブラックホールは時空を大きくゆがめており，まわりの時間の経過を極端に遅らせます。ブラックホールに吸いこまれていくロケットを，かりに十分遠くからみることができたとします。ブラックホールのまわりの時間の経過は極端に遅いので，吸いこまれていくロケットのスピードはだんだん遅くなっていくようにみえるでしょう。事象の地平面では時間の経過は停止します。ロケットは地平面で凍りついたように止まってしまうのです。ところがロケットに乗っている人にとっては，時間はなんの変化もせずに経過していくのです。

ブラックホールの中は時間と空間の性質が逆転した世界だと考えられています。外の世界では空間の中は自由に動くことができますが，時間は未来の一方向にしか動かず止めることができません。ところがブラックホールの中の空間は，中心に向かう一方向にしか動くことができず止まることもできないのです。ブラックホールの中では，空間が時間の性質をもってしまうのです。

ブラックホールはまわりの時空を極端にゆがめ，時間の経過を極度に遅くしている。しかしロケットに乗っている人の時間は，いつもとかわらず普通に経過していくだろう。

ブラックホールとは何か

ブラックホールとは空間の一点に質量が集中したため，まわりの時空が極端にゆがんでいる天体である。いったんブラックホールの中に入ると，たとえ光でも外に出ることはできない。中心にある密度無限大の点を「特異点」，外の世界との境界面を「事象の地平面」という。はくちょう座X-1，はくちょう座V404などの天体がブラックホールの候補と考えられている。

ブラックホールの地平面で時間は停止する。

ブラックホールはまわりの時空を大きくゆかめている。まわりの時間の経過も極端に遅く，ブラックホールの境界の事象の地平面では遠方の時間にくらべて時間の経過がゼロになってしまう。

しかしこれはあくまで，事象の地平面の時間と遠方の時間をくらべた場合のことである。ブラックホールに吸いこまれていくロケットにあなたが乗っていて時計をみているとすると，ブラックホールに吸いこまれる前も後も時間の経過に少しの変化もない。

時間の端と超ひも理論

超ミクロの時間の中に，宇宙の悠久の時間がかくされて

ブラックホールの中心には吸いこまれた物質が行き着く密度無限大の点，「特異点」が存在しています。特異点は宇宙で最も不思議な場所です。なぜなら特異点は，それより先には時間も空間もない“時空の端”だからです。

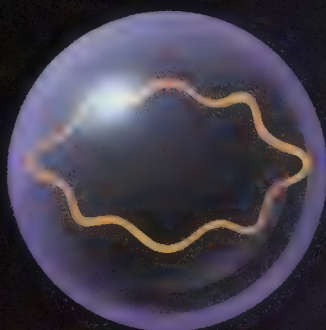
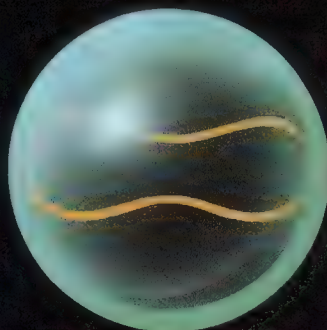
ブラックホールの中心で時間が終わってしまっているとはどういうことなのでしょうか。時間の端，特異点のようすは，実はまだよくわかっていません。一ついえることは，時空の特異点の研究には一般相対性理論だけでは不十分で，ミクロの世界をあつかう「量子論」が不可欠だということです。

最近，一般相対性理論と量子論を融合させる有力な理論「超ひも理論」を使って，時空の特異点の研究がはじまりました。ふだん私たちは時間はいくらでも小さくできると考えています。ところが超ひも理論では，超ひもの長さの10^{-33}センチから計算される時間の長さ，すなわち10^{-44}秒よりも時間を短く分割することはできないと考えます。時間には短くできる限界があるのです。さらに超ひも理論は，時空が「双対性」という性質をもっていると考えます。双対性とは非常に小さな時空と非常に大きな時空は，同じもので区別できないという不思議な性質です。

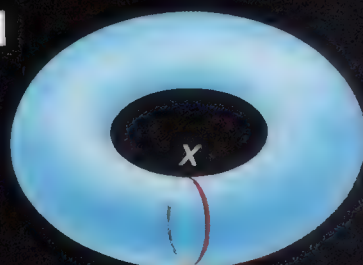
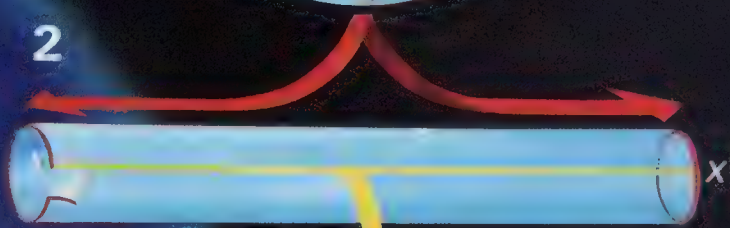
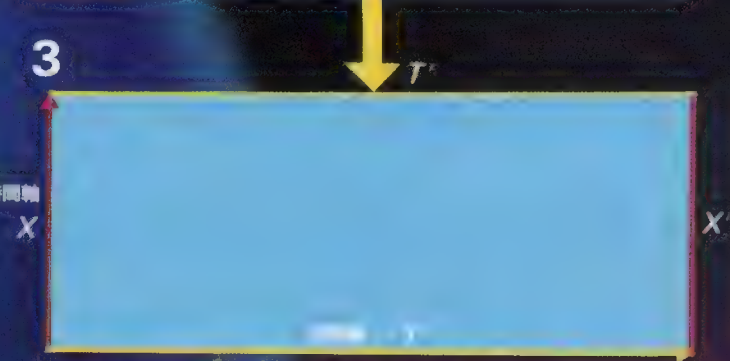
超ひも理論を使ってブラックホールの特異点，時間の端を考えると次のようになります。ブラックホールに吸いこまれた粒子は中心の特異点，時間の端へと向かいます。ところが時間には短くできる限界があるので，完全な時間の端，特異点に到達することはできません。それどころか，非常に小さな時間の端に向かっていたはずなのに，気がついてみるとはるか未来の宇宙に出てしまっているのです。

このように超ひも理論は，双対性というまったく新しい時間の性質を明らかにしつつあるようです。

超ひも理論によれば，非常に小さな時空と非常に大きな時空は区別できないという。われわれの宇宙はトーラスのような構造をしているのかもしれない。

いるらしい。

超ひも理論とは何か

超ひも理論は，万物が長さ10^{-33}センチの超ミクロのひもの振動でつくられているとする理論である。現在知られている最小の素粒子は6種類のクォークと6種類のレプトンである。レプトンは電子の仲間で，クォークとレプトンの間には4種類の力がはたらく。力も粒子が伝えると考える。

超ひも理論はこれらのクォークとレプトン，そして力を伝える粒子が，1種類の閉じたひものさまざまな振動のちがいでつくられていると考えている。

超ひも理論が予言する時空の構造

超ひも理論は時空が「双対性」という性質をもっていると考える。双対性とは非常に小さな時間・空間と非常に大きな時間・空間は同じものであるという性質である。

時空の双対性は，時空が「トーラス」状の構造をもっていると考えると理解しやすい。トーラスとはドーナツの表面のような形のことである（1）。トーラスを断面Xで切ったとする（2）。するとXとX'は同じ円である。さらにこの円柱を直線Tで切って展開すると，（3）のような長方形ができる。

ここで長方形の縦軸を時間軸，横軸を空間軸と考えると，小さな時間Tと大きな時間T'は区別できない同じ時間であることがわかる。

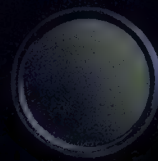
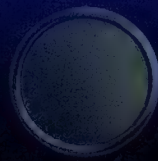
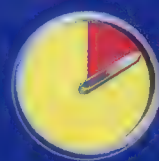
ホーキングと虚数時間

宇宙は虚数時間の中で“はじまった”のかもしれない。

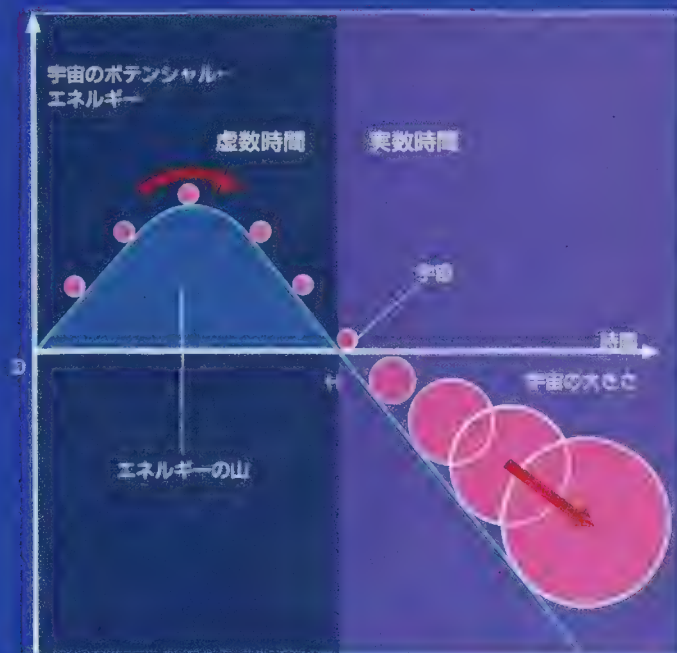
宇宙には時間の端がもう一つあります。宇宙のはじまり，「ビッグバン特異点」がそれです。現在の宇宙は膨張をつづけています。そこで宇宙の時間を単純に逆にたどると，宇宙は密度無限大の一点からはじまることになります。宇宙には時間のはじまりの端があったのでしょうか？

このビッグバン特異点について，一般相対性理論と量子論の両方をもとに考えたのがイギリスの物理学者スティーブン・ホーキングです。ホーキングは「量子宇宙論」を使って考えると，宇宙誕生直後は「虚数時間」が流れ，そのあと現在までは普通の実数の時間が流れることを見いだしました。

虚数とは2乗するとマイナスになる数のことです。虚数時間とはなんでしょうか。特殊相対性理論は時間と空間が密接に結びついて時空をつくることを明らかにしました。この時空の中の二つの点のへだたりは，(時空のへだたり)^2 = (空間的な距離)^2 − (時間の経過)^2 の式で求められます。時間と空間は密接に関連するとはいえ，空間の符号はプラス，時間の符号はマイナスというように厳然とした区別があるのです。

ところが時間が虚数になるとどうでしょうか。虚数は2乗するとマイナスになりますから時間の符号がプラスとなり，時間と空間の区別がなくなってしまうのです。ホーキングが明らかにしたように誕生直後の宇宙に虚数時間が流れていたとすると，そのころの宇宙ではまだ時間と空間の区別がなかったのかもしれません。その意味では宇宙の“はじまり”ということは不適切かもしれません。時間と空間が未分化の状態から，あるとき普通の時間が流れはじめ，宇宙がようやく“はじまった”のかもしれないのです。

ホーキングの考えによれば，宇宙誕生の初期には虚数時間が流れていたのかもしれない。虚数時間の宇宙では，時間と空間は区別できない未分化の状態だったらしい。

実数時間で急激に膨張する宇宙

虚数時間の宇宙

虚数時間と宇宙のはじまり

われわれの宇宙は，時間も大きさ（空間）もエネルギーもゼロの“無”の状態（O）から生まれたと考えられている。“無”から宇宙が生まれることは普通ではありえない。なぜなら途中にエネルギーの山があって，“無”から“有”が生まれることを禁じているからである。

ところが宇宙初期に虚数時間が流れていたとするとどうだろうか。虚数時間の中ではすべての力の向きが逆になる。つまり物は山の上に“ころがり落ちて”しまうのである。虚数時間の中の宇宙は，エネルギーの山を乗りこえて“無”から生まれてしまうのである。虚数時間は（H）で実数の時間にかわり，宇宙は時間の経過とともに急激な膨張を開始していったと考えられている。

宇宙のはじまり，ブラックホール，時間などについて精力的な研究を行っているイギリスの物理学者スティーブン・ホーキング。難病におかされ車いすの生活をしいられているが，つねに時代の最先端の仕事を行っている。

タイムマシンと時間旅行

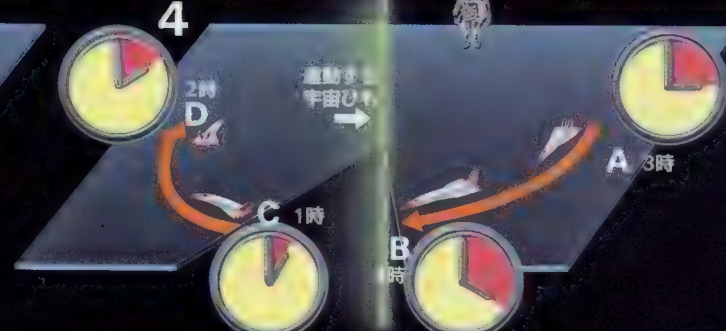
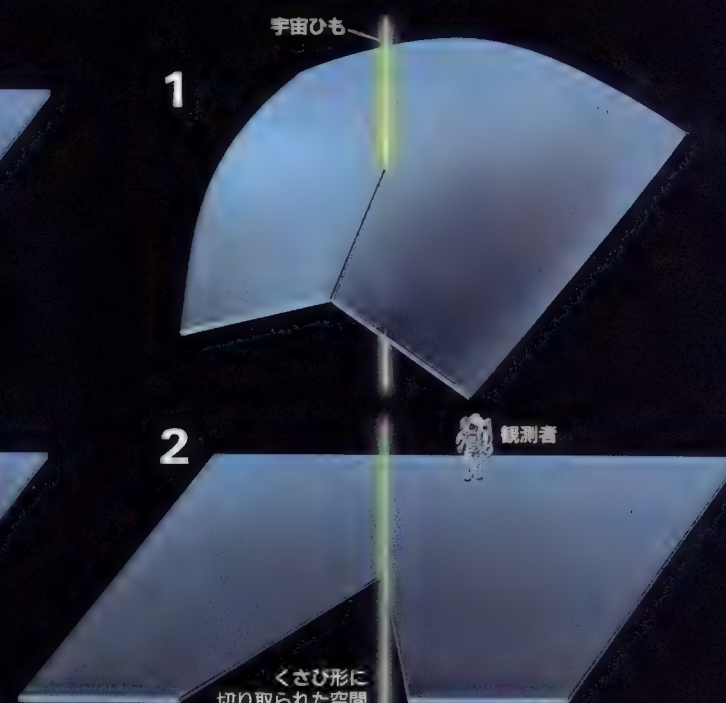
ワームホールと宇宙ひもで過去へタイムトラベルしよう。

時間を自由に旅行できるタイムマシンの話がSF映画に出てきます。物理学でもタイムトラベルはまじめな研究テーマです。そして相対性理論によれば，あなたは未来へタイムトラベルすることができるのです。

未来へのタイムトラベルの方法は，光速に近いスピードを出す宇宙船を開発して宇宙旅行をして帰ってくることです。特殊相対性理論による高速運動での時間の遅れと，一般相対性理論による加速度運動での時間の遅れによって，宇宙船の中の時間は地球の時間にくらべて大幅に遅くなります。たとえば光速の99.999%まで宇宙船を加速して往復20年の宇宙旅行をしてくると，地球では2200年以上の時間が経過します。めでたくあなたは未来へ旅行することができました。

問題なのは過去へのタイムトラベルです。もし過去へのタイムトラベルが可能だとすると困った問題がおきます。だれかが過去へ旅行してあなたの両親を殺してしまったら，あなたは生まれてこなかったことになります。原因があって結果があるという，物理学の因果律がこわれてしまうのです。

1988年，アメリカ，カリフォルニア工科大学のキップ・ソーン博士らが，ワームホールで過去へタイムトラベルする論文を発表して話題になりました。91年にはプリンストン大学のリチャード・ゴット博士が宇宙ひもを使って同様の論文を提出しました。過去へのタイムトラベルが可能かどうかは，まだ決着がついていない難問です。多くの物理学者は不可能だろうと考えています。ホーキングも91年に，過去へのタイムトラベルは不可能だとする「歴史保存仮説」を提案しました（タイムトラベルとホーキングの「歴史保存仮説」のくわしい内容は，Newton1991年12月号の特集記事を参照ください）。

宇宙に存在するかもしれないワームホールや宇宙ひもを使えば，過去にタイムトラベルできるのだろうか。

ワームホールのタイムトラベル

ロケットが通れるワームホールをつくり，その入り口をA，Bとする。A，Bの時間は0時だったとする（1）。

Bの入り口を高速で動かす。高速運動と加速度運動の効果でBの時間はAの時間にくらべて遅れる。Aでは3時だがBでは2時である（2）。

Bを高速で元にもどし，最初の地点で静止させる。Aは6時でBは4時である。Aから高速ロケットに乗ってBに向かう（3）。

ロケットがBに着いたとき，Bの時間は5時，Aは7時である。Bからワームホールの中に入りAに出る。Bの入り口とAの入り口は同じ時間なので，6時に出発したロケットは5時にAにもどることができる（4）。

宇宙ひものタイムトラベル

宇宙ひもは，ひも状のエネルギーのかたまりである。宇宙ひもはばく大な質量をもち，まわりの空間をゆがめている（1）。

宇宙ひものまわりの空間は，1周しても360度以下になる。平らな空間の一部がくさび形に切り取られていると考えてもよい（2）。

Aから宇宙ひものまわりを通り，Dに行く。AとDの中央に観測者がいる。Aを3時に出発しBに4時に着いた。BとCは同じ点だから，Cを4時に出てDに5時に着く（3）。

今度は宇宙ひもを動かす。Aを3時に出て，Bに4時に着く。宇宙ひもが運動しているとBに4時に着いたロケットは，たとえば過去の1時にCから出てくるように観測者にみえる。こうしてロケットは2時にDに着く（4）。宇宙ひもをもう1本使ってDからAにもどれば，ロケットは1時にAにもどることができる。

21世紀に向けて人類の時間観は大き

時間の概念は人類の歩みとともに大きくかわってきました。太陽や月，星たちの周期的な運動をみた古代の人々は，時間はくりかえす循環的なものだと思っていました。14世紀に機械じかけの時計が発明されると，時間は一定不変のスピードで未来へと直線的に流れるものだとの考えが強くなりました。この考えはニュートンの絶対時間の概念へと発展していきました。

20世紀のはじめ，当時の物理学の問題を解決する必要からアインシュタインは相対性理論を打ち立て，それまでの時間概念を根底から変革しました。時間は物体の運動や質量と切りはなして考えることはできず，物体と時間は相互に影響をあたえ合うのです。相対性理論の登場によって人類は，時間を研究する手段をはじめて手に入れたのです。

“時間のアトム”を探る研究

現在も時間の研究は進行中です。京都大学の佐藤文隆教授によれば，最近の超ひも理論やホーキングたちの時間の研究は，“時間のアトム”の解明に向かっているのではないかといいます。時間のアトムとは，時間をつくった微小な要素ですが，われわれが考える時間とはまったく別の何かです。時間のかわりに生命現象を例にとって考えてみましょう。

生命の本質を調べるために，微生物を細かくみていくとします。やがて生命活動をになうタンパク質やDNA（デオキシリボ核酸）といった高分子がみえてきます。さらに拡大していくとすべては水素や炭素といった原子からできていることがわかります。ところが私たちは原子に生命があるとは考えません。生命はこれらの原子が集まり，ある大きさとなり，それらが有機的な運動をはじめたときに生ずるものなのです。

くかわりつつある。

原子，分子，地球，月，太陽，星，銀河は，みごとなまでに統一を保って運動をつづけている。だからこそ，原子が振動して時計の針が日食の時刻をさすことと，地球，月，太陽が一直線に並んで日食がおきることとが一致するのである。万物の運動の統一性を支えているものこそ，自然の物理法則なのである。

時間もこれとまったく同じかもしれません。宇宙のはじまり，時間と空間がまだ超ミクロだったころは時間はなく，何かそれとは別の時間のアトムがあったのかもしれません。この時間のアトムが集まり，ある大きさとなり，有機的な運動をはじめて時間が生じてきたのかもしれないのです。

万物の統一運動と時間

札幌学院大学の田中一教授は，われわれが時間を認識できるのは，宇宙の中の全物質がみごとなまでに統一的に運動しているからだと考えています。これは次のようなことです。われわれは規則的な運動をする物，たとえば原子の振動を利用して時計をつくっています。この原子時計と物理学の法則を使えば，何年何月何日の何時何分に日食がはじまるかを予言できます。そして実際にその日時に日食がおきています。

このことは，時計の中の原子が振動して時計の針がその日時をさしたことと，太陽と地球と月がちょうど日食をおこすような位置に並んだこととがみごとに対応した結果おきたことです。本来，時計の中の原子と，太陽や地球の間には直接の関係はありません。しかし宇宙ではこのようにすべての物質が統一的に運動しているのです。田中教授は，時間は物質より先に存在するものではなく，まず物質が存在し，それらの運動が統一されていることをわれわれが時間として認識しているのだといいます。

時間のこの理解は，別の観点からの研究にもあらわれています。一般相対性理論と量子論を融合する重力の量子論は，全宇宙の歴史を「宇宙の波動関数」であらわそうとします。ところが宇宙の波動関数をつくると，式の中から時間が消えてしまうのです。宇宙には本来，時間などは存在していないのでしょうか。

時間の理解は大きくかわりつつあるようです。現在われわれが考えている時間の概念は，21世紀の人類が明らかにするもっと豊かな時間概念の一部にすぎないのでしょう。時間のなぞへの答えは未来にあるのです。

ホーキング 再び時間の矢を語る

国際シンポジウム「量子物理学と宇宙」招待講演から

1985年，ホーキングは収縮する宇宙では「時間の矢」が逆転するとの衝撃的な理論を発表した。この理論については当時からいくつかの問題点が指摘されていた。今年8月，早稲田大学主催の国際シンポジウム「量子物理学と宇宙」に来日したホーキングは，公式に自分の理論のまちがいを認めた。彼の行った講演の内容を紹介する。

協力 **前田恵一** 早稲田大学理工学部教授

NTTデータ通信株式会社主催の来日記者会見で，ブラックホールの蒸発などについてコメントしたホーキング。このあと早稲田大学の国際シンポジウム「量子物理学と宇宙」で，時間の矢についての招待講演を行った。

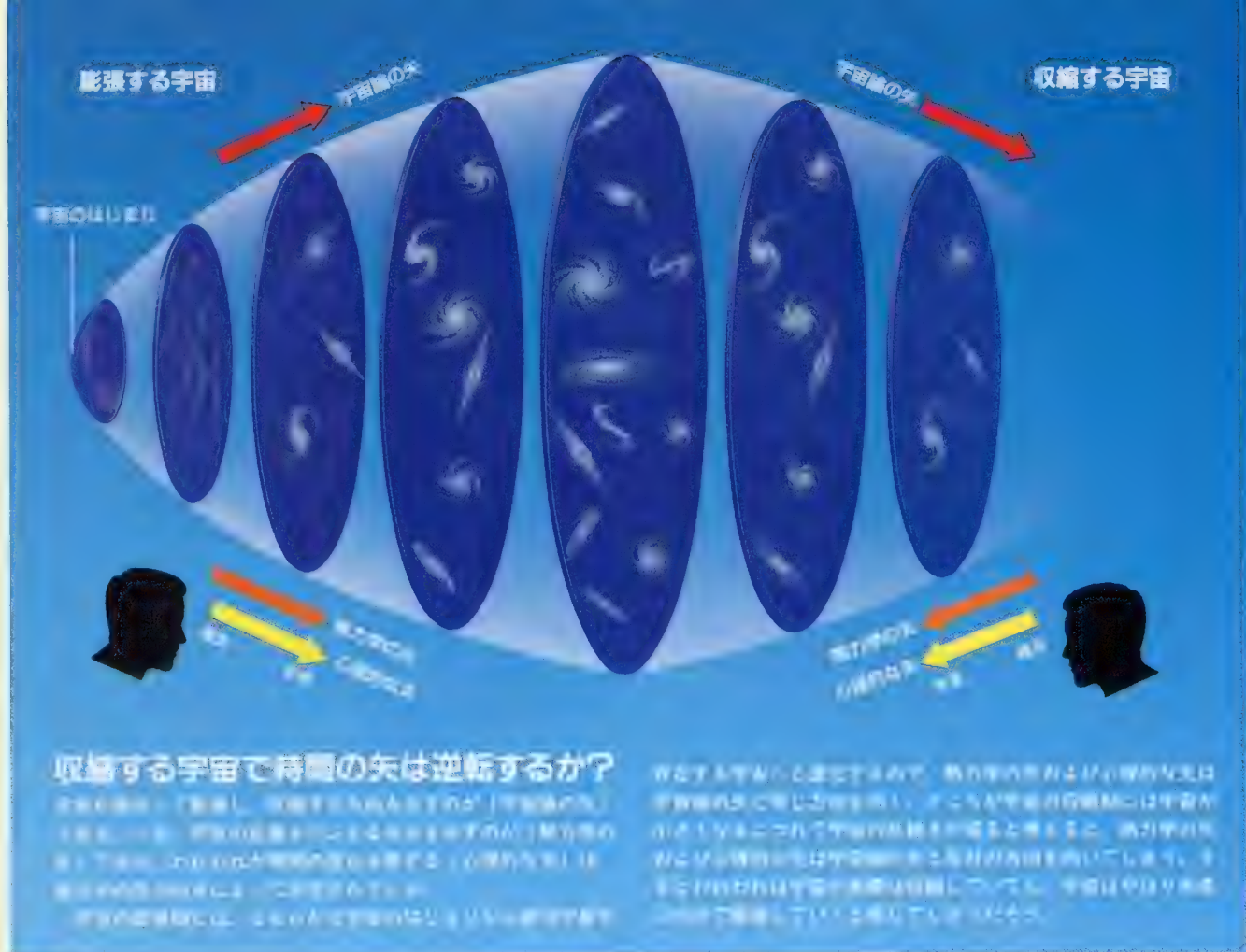
車いすの天才物理学者，イギリスのスティーブン・ホーキングは，これまでにいくつもの衝撃的な論文を発表してきました。ブラックホールの蒸発理論，宇宙のはじまりの量子宇宙論，ベビー宇宙とワームホールの理論などです。その中に1985年に提案した「時間の矢」に関する理論がありました。

この理論は，宇宙が収縮をはじめると時間の流れる向きが逆転する。そこで宇宙が収縮していても，われわれは宇宙が膨張（ぼうちょう）していると感ずるというものです。

時間の矢の理論については，当時からいくつか問題点が指摘されていました。今年8月，早稲田大学主催の国際シンポジウム「量子物理学と宇宙」に来日したホーキングは，自分のまちがいを公式に認める講演を行いました。天才物理学者ホーキングでさえまちがいをおかした時間の矢とは，どのような考えなのでしょうか。ホーキングの講演をもとに紹介していきましょう。

熱力学の矢, 心理的な矢, 宇宙論の矢。

時間は過去から未来への一方向にしか流れません。われわれが感ずる時間の流れには向きがあります。この時間の流れの向きを，物理学では「時間の矢の向き」とよんでいます。ホーキングがまだケンブリッジ大学の学生だったころ，先生のデニス・シアマ教授から時間の矢について研究することをすすめられました。ホーキングはさっそく大学の図書館に行って時間の矢に関する本をさがしましたが，満足する答えは出ていませんでした。時間の矢はあまりにばく然とした研究対象です。そこでホーキングは，学位をとるためにもっと研究しやすいブラックホールや，宇宙のはじまりの研究にとりかかりました。

1983 年，ホーキングは同僚のジェームズ・ハートルと共同で，宇宙のはじまりに関する量子宇宙論を発表しました。この理論のポイントは，宇宙のはじまりには何か特別な出

収縮する宇宙で時間の矢は逆転するか？

来事，たとえば“神が宇宙を創造する”というようなことはなかったという点です。少しむずかしくいうと，宇宙のはじまりに「境界」はなかったということです。この仮定をホーキングたちは「宇宙の無境界境界条件」と名づけました。ホーキングはこの無境界境界条件が，時間の矢の研究に応用できることに気づいたのです。

こうしてホーキングは，1985年に時間の矢についての論文を発表しました。その内容は次のようなものです。

時間をどうとらえるかによって，時間の矢にはいくつかの種類があります。一つ目が「熱力学の矢」です。これは，世界でおきる出来事は必ず乱雑さがふえる方向におきるということです。たとえば崖（がけ）の上に岩があったとします。やがて岩は崖をころがり落ちてこなごなになるでしょう。岩は1個のかたまりの状態から，こなごなの乱雑な状態に進むのです。乱雑になった岩が崖を登って，1個の岩にもどるようなことはけっしておきません。乱雑さがふえる方向，これが熱力学の矢の向く方向です。

二つ目は「心理的な矢」です。この矢は，ふだんわれわれが感じている時間の流れの方向を向いています。つまり心理的な矢は，われわれが未来と感ずる方向を向いているのです。ここで未来とか過去とかをどう定義したらよいでしょう。われわれは未来のことはまだ知りませんが，過去の出来事は覚えています。そこで記憶がふえていく方向，これを心理的な矢の向きと定義します。

では記憶がふえていくとはどういうことでしょうか。人間の記憶のメカニズムについてはまだよくわかっていません。そこでホーキングは，コンピューターのメモリーを例に考えました。何も記憶されていないメモリーに情報を記憶させていくと，メモリーの中に電荷（でんか）がたまっていき，メモリーの乱雑さがふえていきます。つまり記憶がふえることは，メモリーの乱雑さがふえることなのです。記憶がふえていく方向は心理的な矢の向きなので，心理的な矢の向きは熱力学の矢の向きによって決められているらしいことがわかります。

三つ目は「宇宙論の矢」です。これは宇宙が生まれ，膨張をはじめて現在に至る，宇宙の運動の方向を向く矢です。

収縮する宇宙で時間の向きが逆転する。

ホーキングは宇宙の進化とともに，この三つの矢がどの方向を向くかを考えました。宇宙が誕生し，膨張していく

段階はどうでしょう。ホーキングは宇宙のはじまりに無境界境界条件をつけました。この条件によれば，宇宙のはじまりには何も特別な出来事はなく，宇宙は乱雑さの低い状態からスタートします。そして宇宙が大きくなるほど乱雑さは増大するというのです。その結果，宇宙で銀河や星ができたのです。このように誕生から膨張に至る宇宙では，乱雑さがしだいに増大していくので熱力学の矢と，この矢によって方向づけられる心理的な矢は，宇宙論の矢と同じ方向を向きます。この宇宙の中にわれわれが住んでいれば，宇宙は未来に向けて膨張していくと感ずるでしょう。

膨張しきった宇宙がやがて収縮をはじめたらどうでしょう。無境界境界条件からホーキングは，宇宙が小さくなると宇宙の乱雑さが減っていくと考えました。するとおどろくべきことがおこります。熱力学の矢は乱雑さのふえる方向を向きますから，収縮していく宇宙では宇宙論の矢と熱力学の矢が反対方向を向くのです。われわれの心理的な矢は熱力学の矢によって決定されていますので，やはり宇宙論の矢と逆を向きます。つまり宇宙は収縮していきますが，われわれはやはり未来に向けて宇宙が膨張していくと感ずるでしょう。

これがホーキングが1985年に発表した時間の矢に関する衝撃的な結論です。しかしこの結論については，当時からいくつか問題点が指摘されていました。ホーキングは，彼の学生からもまちがいを指摘されました。そのまちがいとは無境界境界条件を使っても，いったん膨張してから収縮しはじめた宇宙では必ずしも宇宙の乱雑さは減らないということです。宇宙が収縮しはじめても，宇宙の乱雑さは普通ふえるのです。その結果われわれは，やはり宇宙は収縮していると感ずるでしょう。

この点に気づいたホーキングは，今回のシンポジウムで自分の誤りを公式に認めました。彼はこの誤りを「This was my greatest mistake in science.（科学の研究における私の最大の誤りだった）」と表現しました。実は今からちょうど60年前の1932年に，アインシュタインも「宇宙項」という誤りを認め，「生涯(しょうがい)最大のあやまち」とのべたのです。

時間の矢の研究が示しているように，時間は過去から未来へと一方向だけに流れ，一度おきてしまったことはやり直すことはできません。しかし人間は過去の誤りを認め，それを訂正することができます。今回ホーキングは，身をもってこのことを示してくれたようです。

ホーキングの最新理論はブラックホールの蒸発だ。

今回の来日記者会見でホーキングは，いま最も興味をもっていることはブラックホールの蒸発であるとのべた。ブラックホールの蒸発はホーキング自身が1974年に発表した理論である。ブラックホールは巨大質量の星がつぶれてできる天体である。あまりに重力が強いため，一度吸いこまれたものはたとえ光でも脱出することはできない。

ブラックホールはまわりの物質を吸いこんでいくので，一方的に大きくなるだけだとされていた。しかしホーキングは，量子論を考えるとブラックホールの境界面のまわりから光やニュートリノなどの粒子が放出され，ブラックホールが蒸発してしまうという理論を発表した。

しかしブラックホールの蒸発理論には，未解決の問題があった。ブラックホールの中心には，吸いこまれたすべての物質が一点に押しつぶされてできた「特異点」が存在すると考えられている。ブラックホールが蒸発すると，特異点はどうなるのだろうか。特異点も蒸発してしまうのだろうか。すると吸いこまれた物質はどこに行ってしまうのだろうか。

最近，プリンストン大学のC.キャランらが，空間1次元，時間1次元の2次元時空のブラックホールの蒸発を研究した。その結果，星が収縮していくとブラックホールができる前に，粒子が外に放出されて特異点も何も残らないとの結論がみちびかれた。しかしその後，何人かの研究者が彼の誤りを指摘した。ホーキングも今年7月に2次元ブラックホールの論文を発表し，ブラックホールは蒸発して裸(はだか)の特異点が残る可能性の高いことを指摘した。

最近さらにホーキングは，理論上困る裸の特異点のかわりに新しいタイプの特異点が出現する可能性を指摘した。特異点が裸になる瞬間に無限のかなたに特異点が光速で移動し，あとに空(から)の真空が残る可能性である。もしかりに2次元時空に旅行者がいたとすると，彼は光速で伝わる特異点に出くわして衝撃波のようなショックを受けるだろう。そしてブラックホールが消えてしまった何もない時空にたどり着くことだろう。ホーキングはこの特異点を「サンダーボルト（落雷）特異点」とよんだ。

ホーキングは現在，この2次元時空でのブラックホールの蒸発を研究中である。

聖書の考古学

前編

ルーカス・ファルケンボルグのえがいた「バベルの塔」。人々がこのような天に届く塔を建てようとしたため神は怒り、人々の言葉を乱して通じないようにした。そのため塔は完成せず、人々は世界中に散っていったという。

エデンの園はメソポタミアにあった

竹内 均

数千年という長い年月にわたって，世界中の人々に読まれつづけてきた聖書。エデンの園でのアダムとイブの物語，ノアの箱舟，バベルの塔，ソドムとゴモラの滅亡，モーセの出エジプト……。『旧約聖書』が語る神と人間たちの物語は，信仰の書であるとともに，歴史的事実を反映したものであることがわかってきた。聖書の記述にかくされたさまざまな事実を紹介しよう。

紀元前3000年ころに栄えたニップールのジッグラト。シュメール人たちは世界で最も早く，南メソポタミアのエリドゥ，ウル，ウルク，ニップール，キシュなどに都市国家を建設した。

メソポタミアは「二つの川の間」という意味である。その川はもちろんティグリス川とユーフラテス川である。したがってメソポタミアにあたる現在の国はイラクである。ティグリス川とユーフラテス川のみなもとは，それほどへだたっていない。それはバン湖やアララト山のあるトルコ東部のアルメニア山地中にある。そこから東へ流れでたティグリス川は，イラク，シリア，トルコの国境近くの山々をイラクへ向けて流れ下る。地中海へ向けて西流するユーフラテス川は，海岸まであと 150 キロメートルにせまったあたりで急に向きをかえ，シリア砂漠を横断してイラクへ入る。二つの川はバグダード付近で接近するけれども，合流するのはさらに下流である。ティグリスおよびユーフラテス川に水をもたらすのは，水源地帯の融雪である。このためにティグリスおよびユーフラテス川の水位は，それぞれ 4 月と 5 月に最高となる。

イラクは下イラク，上イラク，アッシリアなどに分けられる。下イラクはティグリス・ユーフラテス川の下流部，上イラクは上流部の二つの川の間にはさまれた地域，アッシリアはその東の地域である。歴史的には下イラクをバビロニア，上イラクにアッシリアを加えたものをアッシリアとよんでいる。

エデンの園は存在した。

メソポタミアには世界最古の文明が栄えた。そのことがはっきりしてきたのは，今から約 150 年前以後のことである。19 世紀なかばから，フランスのパウル・ボッタ（1802～1870），イギリスのオーステン・レヤード（1817～1894）によってニネベ，コルサバード，アッシュール，ニムルド（以上アッシリア）およびバビロン（バビロニア）が発掘され，出土品がルーブル博物館や大英博物館へ運ばれた。

19 世紀末にはドイツやアメリカも発掘に加わり，第一次世界大戦までにバビロン，ウルク，ラガシュ，ニップール（いずれもバビロニア）が発掘された。1920 年から 30 年代にかけてはイギリスのチャールス・ウーリー（1880～1960）やフランスのアンドレ・パロ（1901～1980）らによってウル，アルウバイド（いずれもバビロニア）やイラクとの国境に近いシリアのマリなどが発掘された。

メソポタミアはまた「バイブルランド（聖書の土地）」ともよばれる。『旧約聖書』は紀元前 12 世紀ごろから前 2 世紀ごろまでの約 1000 年にわたって，イスラエル民族が書き残してきた記録である。その旧約聖書のはじめの部分が，かつてメソポタミアにおきた歴史的事実を反映したものであるという考えにもとづく名である。たしかにこのように考えられる記述が多い。

たとえば旧約聖書「創世記」の第 2 章には，一つの川がエデンから流れでて園をうるおし，それが分かれてピソン，ギホン，ヒデケルおよびユフラテの四つの川となっていたとしるされている。このうちのユフラテはユーフラテス川をさすものであろう。また第 3 の川であるヒデケルがアッスリヤ（アッシリア）の東を流れていたとあるところから，これはティグリスをさすものと考えられる。一つの川が四つに枝分かれするさまは，ティグリスやユーフラテスの下流のデルタ（三角州）地帯を思わせる。

エデンの園には木々が豊かな実を結び，またヘビにだまされて知恵の木の実を食べるまで，アダムとイブは裸で暮らしていたという。これらの記述はそのころのメソポタミアの気温が，現在よりも高かったことを暗示する。

今から約 1 万年前まではヴュルム氷期とよばれる氷期であり，現在よりも広い地域に氷河が広がり，気温が現在よりも低かった。今から約 1 万年前にヴュルム氷期の氷がとけ終わったあとで気温が上昇し，今から約 6000 年ないし 5000 年前に最高となった。それ以後現在までに，気温が 1 度 C ないし 2 度 C 低下している。現在よりも気温が高かったこの時期をヒプシサーマル（高温期）あるいはクリマティック・オプティマム（気候最適期）とよんでいる。これから考えて，エデンの園に代表される旧約聖書のはじめの部分の記述は，紀元前 4000 年ないし前 3000 年ごろのメソポタミアでの歴史的事件の反映と考えられる。

ノアの洪水伝説

この考えに確証をあたえたのが旧約聖書「創世記」の第 6 章から第 9 章にかけて出てくるノアの洪水（こうずい）の物語である。自分のつくった人間が地上で悪いことをするのをみて，神は人間だけでなくすべての生物を滅ぼすことを決意された。しかし神は正直なノアとその家族だけは救いたいと思い，彼に糸杉（ゴーフェル）を材料とする 3 階建ての箱舟をつくり，その内外をアスファルトで塗りこめたあとで，その舟に乗りこむようにいわれた。まもなく 40 日 40 夜つづく大洪水がやってきて，生物が絶滅した。ノアの乗った箱舟だけがアララト山の上にとどまった。安全な場所をさがすために放ったハトが無事にもどってきたことを確かめたあと，箱舟を出たノアたちは地上に祭壇（さいだん）を築いて神に感謝した。ノアの信心深い心を喜んだ神は，「生めよ，ふえよ，地に満ちよ」といわれた。これがノアの箱舟の物語である。

1872 年のある日，大英博物館のエジプト・アッシリア部の助手をしていたジョージ・スミス（1840～1876）がたいへんな発見をした。これより約 20 年前にレヤードらがニネベで発掘した，アッシ

ティツィアーノ・ベチェリがえがいた「原罪」。ヘビの誘惑によって，食べることを禁じられていた「善悪を知る木」の実をとるイブ。イブは共にいたアダムにもとってあたえた。このことを知った神は怒り，2人をエデンの園から追放する。以後，ヘビは腹ではい歩き，女は苦しんで子を産み，男は一生苦しんで地から食物をとることになる。この物語の舞台であるエデンの園は，メソポタミアの地であると思われる。

ュールバニパル王（在位紀元前668～前628）の図書館から出土した粘土板にしるされた楔形(くさびがた)文字を，スミスは読んでいた。ある粘土板には，ニシルの山に舟が着いたあとに放ったハトが，休む場所がないままにもう一度舟にもどってきたと書いてあった。これは旧約聖書のノアの洪水の物語の終わりに近い部分とよく似ている。

興味をもったスミスは，ほかの粘土板をさがし，話をつなげてみた。話はますますノアの洪水のそれに似てきた。新聞社のデーリー・テレグラフの援助を得て，彼はニネベへ出かけ，欠けている部分に相当する粘土板を見いだした。これは奇跡的といってもよい偶然であった。やがてニップール，アッシュール，ウルク，キシュ，ウルなどからも，これと似た物語の粘土板がみつかった。

粘土板の全体は『ギルガメシュ叙事詩(じょじし)』とよばれる。「シュメール王名表」には，ギルガメシュは洪水後にシュメールを統治した王であるとしるされている。このギルガメシュ叙事詩の第11章に，ノアに相当するウトナピシュティムがギルガメシュに語ったこととして，洪水の物語が出てくる。ウトナピシュティムは，ギルガメシュに青春を取りもどす植物のありかを教えた。ギルガメシュはこの植物を手に入れたけれども，ヘビに横取りされ，悲しみながらウルクへもどったという。これはエデンの園を思わせるエピソードである。

伝説を裏づける洪水層

メソポタミアにはテルとよばれる奇妙な形の丘が多い。これは古い町を埋めたその上に新しい町がつくられるといったことが，くりかえしおきたためにできた丘である。ウーリーが発掘したウルの町もこのようなテルであった。テルを深く掘れば掘るほど，より古い住居群にたどり着く。

ウルでそのような発掘をしたウーリーは，ついに4メートルもの厚さの粘土層にぶつかった。その中には上流から運ばれてきたらしい骨の破片しか含まれていなかった。遺跡の最下層であると考えられたこの層を，彼は試みに掘り下げてみた。おどろいたことに，粘土層の下から石器やそれをつくるための火打ち石の破片などが発見された。粘土層は遺跡の最下層ではなく，洪水その他の原因によって堆積(たいせき)したものであることがわかったのである。

この粘土層は紀元前約3500年のものと推定された。同じような洪水層がその後メソポタミアの各地で発見され，その年代に紀元前3500年と紀元前2800年の二つがあることがわかった。前者は下流部すなわち南部に分布し，大洪水の際のような乱れた跡がなかった。後者は上流部すなわち北部にあり，乱れた跡があった。

ともかくもこれらの粘土層をつくった洪水がギルガメシュ伝説に反映し，それが旧約聖書中のノアの洪水伝説となったことが明らかになった。紀元前2000年ごろに，この洪水伝説をたずさえてあとにのべるアブラムに代表される遊牧民が，メソポタミアからカナンの地へ移動したのである。

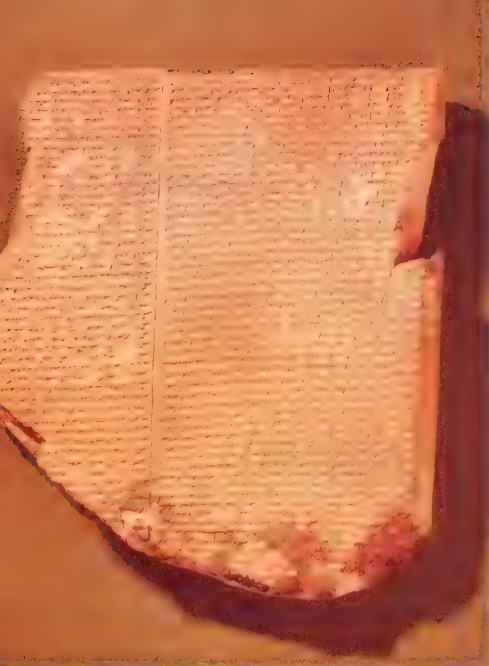
先にものべたように，紀元前4000年ないし前3000年は，気温が現在よりも1度Cないし2度C高い高温期であった。気温が上がると陸上にある氷がとけ，その分だけ海水面が高まる。そのころの海水面は，現在よりも5メートルないし10メートル高かった。海に近いメソポタミア南部に分布する紀元前3500年ごろの「洪水」の跡は，この海水面上昇を物語るものであろう。

メソポタミア北部に分布する紀元前2800年ごろの洪水層は，これとは性格をことにするものである。現在の地球上の北半球で雨が多いのは，北緯30度と50度の間にある寒帯前線と，赤道と北緯20度の間にある赤道収束帯である。これらは季節によってその場所をかえる。北極にある寒気の勢いが強い冬には両者は南下し，夏には北上する。しかしどの季節にも寒帯前線や赤道収束帯がやってこない地域がある。こういう地域には雨が少なく，メソポタミアのそれのような砂漠ができる。しかし高温期の夏には，赤道収束帯が北上して雨をもたらしたであろう。北メソポタミアに分布する紀元前2800年ごろの洪水層は，これを物語るものではなかろうか。

いずれにしても旧約聖書中のエデンの園およびノアの洪水の物語は，高温期のころのメソポタミアにおきた歴史的事実を反映したものである。その後気温が下降し，赤道収束帯が南下して，メソポタミアは乾燥地帯となっていった。赤道収束帯の雨を追って，アブラムたちがカナンさらにはエジプトへと南下したのであろう。

バベルの塔の跡

「創世記」第11章にはアブラムの物語に先立って，バベルの塔の物語が出ている。洪水をまぬかれて生きのびたノアの子孫はその後西へ移り，シナルの地に平地をみつけてそこに住み着いた。彼らはそこでれんがをつくり，それを焼くことを覚えた。こうして石のかわりにれんがが，粘土のかわりに瀝青(れきせい)（松やにに油をまぜて練った塗料）が使われるようになった。そこで人々は語り合った。「われわれは一つの町を建て，そこに天に達するほどの塔をつくり，みんなでそこに住むことにしよう」。その仕事を天からみていた神は，「はじめからこのような大それたこと

人々の悪業に対して，神は地上に大洪水をもたらし，地上の生き物をことごとく滅ぼした。40日40夜降りつづいた雨がやんだとき，生き残っていたのは，箱舟に乗りこんだノアの家族と動物たちだけであった。やがて水がひき，150日後に箱舟はアララト山にとどまった。メソポタミアでは洪水層が発見されており，この物語が事実を反映したものであるということがわかってきた。

『ギルガメシュ叙事詩』の洪水伝説の部分をしるした粘土板。楔形文字が語る洪水伝説は,「ノアの洪水伝説」のもとになったと思われる。紀元前650年のもので,アッシリアの都ニネベで出土した。

を考えるのでは先が思いやられる。降りていって,彼らの言葉を混乱させ,おたがいに言葉が通じないようにしよう」と考えられ,その考えを実行された。以後人々の間で話が通じないようになり,バベルの塔もまた町も建てられなかったという。

メソポタミアのバビロン,ウルク,ウル,ニネベ,コルサバードなどには,ジッグラトとよばれる階段状の神殿が30以上もみつかっており,これがバベルの塔の物語に対応すると考えられる。ジッグラトが建てられたのは紀元前3000年から前500年へかけてである。

バベルはバビロンをさすともいわれ,そのバビロンのジッグラトについては紀元前450年ごろのギリシアの歴史家ヘロドトスの記述もある。このジッグラトは紀元前689年にバビロンへ侵入したアッシリア人によって徹底的にこわされた。新バビロニア王朝のネブカドネザル王およびバビロンを征服したアレクサンダー大王が再建をくわだてたけれども完成しなかった。

バベルの塔を含むバビロンを発掘したのは,ドイツのロベルト・コルデバイ(1855〜1925)である。発掘中の1913年に,塔の基底部から「エサグイルの粘土板」とよばれるものがみつかった。それによれば,塔は7階建てで,高さは1階が30メートル,2階が18メートル,3,4,5,6階がそれぞれ6メートル,7階が15メートルで,合計87メートルであった。面積は上へいくほどしだいに小さくなっており,1階は約90メートル四方,7階は約20メートル四方であった。考古学者たちの実測によれば,1階は91.5メートル四方であり,粘土板の記述とよく一致していた。

アブラムの流浪

ノアの子がセム,ハム,ヤペテである。アッシリア人,バビロニア人,フェニキア人,ヘブライ人,アラビア人などの総称であるセム族と,エジプト人,エチオピア人などの総称であるハム族の名は,このセムとハムからきている。「創世記」第11および12章によれば,セムの子孫であるテラは,その子アブラム(アブラハム),ハランの子である孫のロトおよびアブラムの妻である嫁のサライとを連れて,カルデアのウルを出発し,ハランへきてそこに住んだ。テラはハランで亡くなった。アブラムは妻のサライ,弟の子ロトおよび集めたすべての財産とハランで得た人々とを連れてカナン(現在のパレスチナ)へきた。

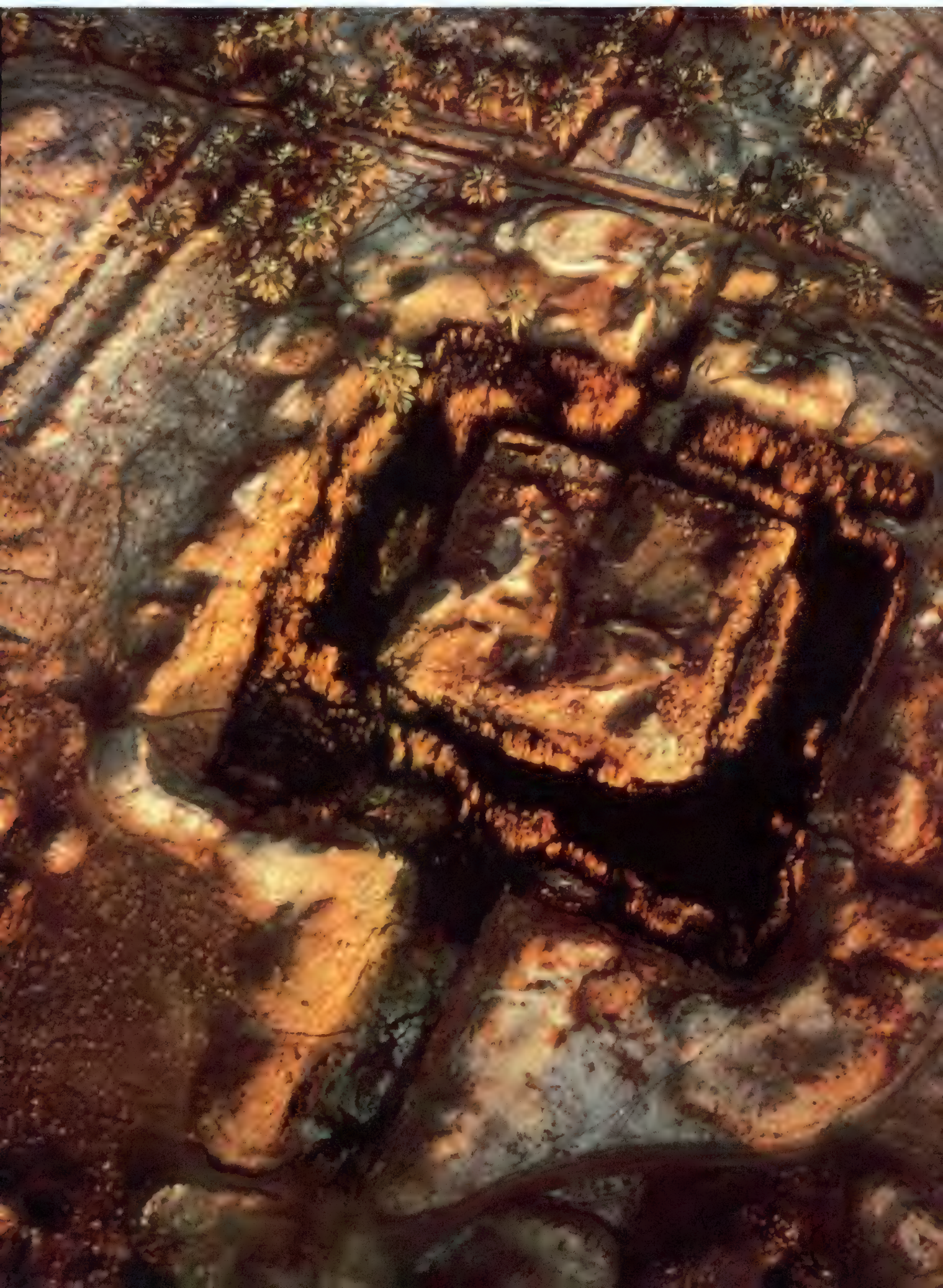
カナンの地のベテルとアイまできたとき,神がアブラムたちにあらわれ,地を授けられた。ロトはソドムの近くの低地をとり,アブラムは高地をとった。カナンの地に飢饉(ききん)があったときに,アブラムは妻のサライとともにエジプトへ行った。エジプトでは,アブラムは妻のサライを自分の妹だといっていた。それで誤解したエジプト王が,サライを宮廷に入れて妻とするという事件もおきた。やがてふたたびカナンの地へもどったところで,ソドムとゴモラの地に天変地異がおき,神の使いの忠告を無視してうしろをみたロトの妻は,塩の柱となった。

アブラムを中心とするこの流浪(るろう)と遍歴(へんれき)の物語は,はじめのうちはたんなる神話あるいは詩人の想像の産物と考えられた。しかし1922年にイギリスのウーリーがウルを発掘した。1933年にはフランスのパロがマリ(シリア)を発掘し,ここで得られたマリ文書から,ハランがウルファ(トルコ)の南で,トルコ,シリア国境に近いユーフラテス川上流部にあったことがわかった。

マリ文書にはまたハビル,ベニアミン,ベネシマールといった好戦的な遊牧民族の名がしきりに出てくる。このうちのハビルはユダヤ人をさすヘブル(ヘブライ)とその発音が似ている。ベニアミンは旧約聖書ではアブラムのひ孫とされており,語源的には「右の子供たち」という意味である。これに対するベネシマールは「左の子供たち」という意味であり,また当時のマリでは右と左はそれぞれ南と北を意味していた。これはアブラムを長とする遊牧民がマリ文書に出てくるハビル,ベニアミンであり,彼らは南のメソポタミアからやってきてマリ,ハランを通り,そこからカナンの地へ行ったことを示す。彼らのメソポタミアからカナンへの移動は,紀元前2000年ないし前1800年のことと考えられる。

さまざまな発掘

北シリアのアレッポの南西で,1964年以来イタリア隊によってなされた発掘によって,ここがメソポタミアやエジプトの碑文(ひぶん)に書かれているなぞの王国エブラの首都であったことがわかった。紀元前2500年ごろにはエブラはマリ王国を征服し,紀元前2300年ごろには繁栄の絶頂に達した。しかしその後メソポタミアのアッカド王国によって滅ぼされ,王宮も焼き払われた。

バベルの塔のモデルと考えられるバビロンのジッグラトの跡。バビロンの都市の中央部に建てられたこの塔は,高さ90メートルの威容を誇り,頂上部には神殿が建てられた。現在では,基盤の跡が残っているにすぎない。

このときの火に焼かれて固められた約1万5000枚の粘土板が，1975年に発掘された。これらの粘土板にはアブラム（アブラハム），エサウム（エサウ），サウルム（サウル），ダビドウム（ダビデ），イスラエル，シナイ，ガザ，エルサレムといった，旧約聖書と関係した興味深い名が出てくる。これらの粘土板と旧約聖書以外には出てこない，ソドムやゴモラといった地名も出てくる。

マリおよびエブラと並んで，旧約聖書と関係したもう一つの発掘がシリアでなされている。シリアの地中海沿岸で，トルコとの国境に近いところにあるウガリトで，1929年以来フランス隊によってなされた発掘である。1887年以来エジプトのテル・エル・アマルナで発掘されたアマルナ文書や，1906年以来トルコのボガズキョイで発掘されたヒッタイト文書などに，北シリアにあったウガリトという町の名がしばしば出てくる。その場所が探りあてられたことになる。

そこで発見されたウガリト文書によれば，ウガリトは紀元前2000年ごろから栄えはじめ，前1200年ごろに「海の民」によって滅ぼされている。粘土板には，ウガリト文字とよばれる楔形文字でしるされたものもあった。文字の種類は約30で，現在のアルファベットに近いものであった。

アルファベットは紀元前1500年ごろから，商業取引を得意とするフェニキア人によって使われはじめた。シリアはそのフェニキアの地でもある。ウガリト文書はまた，当時のシリアとエジプト，ヒッタイト（鉄器を最も早く使いはじめた北方民族），メソポタミア，ミケーネ（ギリシア），ミノア（クレタ）との関係を明らかにするのにも役立った。

ウガリトでみつかった粘土板の中に，ケレト（クレタ島という意味）およびアカト叙事詩があった。このうちのケレト叙事詩は奪われた王妃（おうひ）を奪い返す王の物語である。それは旧約聖書「創世記」に出てくるアブラムとその妻サライの物語，さらには紀元前9世紀ごろの詩人ホメロスの作といわれる『イーリアス』物語とそっくりである。またアカト叙事詩は，神にいけにえをささげて，正妻との間に理想的な息子を得た物語である。これもまた旧約聖書「創世記」に出てくる，アブラムとサライとの間に生まれた息子イサクの物語そっくりである。

悪徳の町ソドムとゴモラ

死海のほとりにあるソドムとゴモラの町でおきた天変地異も，いかにもそこでおこりそうな事件である。東アフリカに多い湖をぬうようにして，総延長約3000キロメートルの東アフリカ大地溝帯が走っている。紅海および死海はその延長であり，これらを加えた長さは約6000キロメートルである。これはまた火山活動などの地質活動が活発な地域でもある。現在，東アフリカ大地溝帯を境として東アフリカが西アフリカから，紅海を境としてアラビア半島がアフリカからはなれつつある。

旧約聖書には，神が天から硫黄（いおう）と火をソドムとゴモラの上に降らせ，地からはかまどの煙のような煙が立ち上ったと書かれている。これは死海のあたりでいかにもおこりそうなことである。ロトの妻が身を変じた塩の柱も，このあたりに多い岩塩と考えられないこともない。

エジプトでの労役

アブラムの子がイサク，イサクの子がヤコブ，ヤコブの子がヨセフである。したがって，ヨセフはアブラムのひ孫にあたる。旧約聖書「創世記」の第37章から50章へかけて，このヨセフの物語が展開される。それは小説的もり上げも十分な物語であり，ユダヤ人であったドイツの文豪トーマス・マン（1875〜1955）も，この部分に材料をとって小説『ヨセフとその兄弟たち』を書いているほどである。

誤解を受けてエジプトのろう屋に閉じこめられていたヨセフは，そのころのエジプト王がみた不思議な夢のなぞをといた。王の信用を得た彼はエジプトの副王になり，カナンの地にいた父ヤコブや兄

天高くそびえ立つジッグラト。ウルのジッグラトをもとに復元した。バベルの塔もこのような姿をしていたのだろうか。

兄弟たちによってエジプトに売られたヨセフは，王の夢をとき，エジプトを飢饉から救った。やがて時代がかわり，ヨセフのことを知らない王が出て，増大するイスラエル人に苦しい労働をしいるようになる。この王はラムセス2世だといわれる。写真はレクミラの墓の壁画。セム系の人々が労働をしいられ，それをエジプト人らしい官吏が見張っている。やがてモーセにひきいられ，イスラエル人は出エジプトをはかる。

弟たちを呼び寄せて，エジプトで豊かな暮らしをした。

この物語もまた歴史的事実を反映している。先にのべたアマルナ，ボガズキョイ，ウガリト文書によれば，紀元前2000年から前1200年ごろへかけて，小アジア(トルコ)，シリア，カナン，エジプトで複雑な民族移動があった。その中にヒクソスとよばれるセム系を中心とした遊牧民があり，紀元前1700年ごろから前1550年ごろへかけて，エジプトはこのヒクソスによって支配された。いうまでもなくイスラエル人はセム系であり，ヨセフの物語はこの歴史的事実を反映するものとされている。

しかしやがてヒクソスは，エジプトから追放される。旧約聖書の「創世記」につづく「出エジプト記」の第1章には，このことを反映したと思われる記述がある。「ヨセフのことを知らない」王がエジプトにあらわれ，エジプトにとってあまりにも多く，また強すぎるイスラエル人に対する警戒心を抱くようになる。彼はイスラエル人の上に監督(かんとく)を置き，倉庫の町ピトムとラメセスを建てさせた。

しかしイスラエル人たちはびくともしない。エジプト人たちはよりつらい仕事をイスラエル人たちに強制するようになる。エジプトのテーベにあるレクミラという人の墓に，大勢の人が働いている壁画がえがかれている。その中に働いていない人がいる。この壁画はイスラエル人の受難時代をあらわし，働いている人がイスラエル人で，働いていないのがエジプト人であるとされている。

このような苦しい労役に耐えかねて，やがてモーセにひきいられたイスラエル人たちがエジプトを脱出する。これこそまさにヒクソス追放というものである。紀元前1400年ごろにサントリニ島でおきた活発な火山活動と，モーセにひきいられたイスラエル人たちの出エジプトとの間に関係があったのではないかとされており，それについては本誌の1992年8月号「伝説のアトランティス」で紹介した。

地球温暖化

現状と将来予測

がはじまっている？

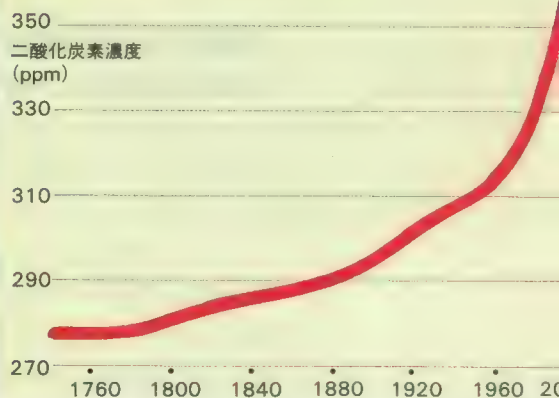
を徹底検証

南極では氷床がとけだし，熱帯や亜熱帯の海では海水温の上昇で大量のサンゴ礁が死滅，日本では6年連続の暖冬を記録した。以前から研究者らによって警告されていた二酸化炭素による地球温暖化が，顕在化しはじめたのだろうか。

西岡秀三 国立環境研究所地球環境研究センター

三上岳彦 東京都立大学理学部教授

小池一之 駒沢大学文学部教授

目崎茂和 三重大学人文学部教授

地球に降り注ぐ太陽放射は，赤外線となって宇宙空間へ放出される。そのとき二酸化炭素などの「温室効果ガス」が赤外線の一部を吸収して大気を暖め，地球の平均気温をおよそ15度Cに保っている。しかし近年になって二酸化炭素濃度が急激に上昇していることがわかり，温室効果が高まって地球温暖化がおきることが警告された。二酸化炭素濃度増加の主な原因は，化石燃料の燃焼と森林破壊である。

360ppmに達した大気中二酸化炭素。もはや温暖化をまぬかれることはできない。

西岡秀三 国立環境研究所地球環境研究センター

西岡秀三博士。これからの5年間で基礎的な研究を進め，気候変動の科学的な解明と，より精度の高い予測を行うことが必要であるという。

大気中の二酸化炭素濃度はついに360ppm（1ppmは100万分の1）に達した。はっきりわかっている範囲でも最近16万年間で最高の値である。二酸化炭素は温室効果をもたらす。温暖化モデルの計算によると，すでに1度Cの気温上昇がおきているはずである。しかし現在は0.5度Cの上昇にとどまっており，海洋の熱吸収が原因ではないかと考えられている。

温暖化がどうあらわれるか，予測にはばらつきが大きい。

人間活動による二酸化炭素の放出と，実際の温暖化の間には時間的な遅れがあり，現在はそれほどの影響があらわれていない。しかし将来，どのような展開になるかがわからない。そこで気候変動に関するさまざまな知見をまとめ，政策決定者に示すことを目的として，1988年にIPCC（気候変動に関する政府間パネル）が組織された。

IPCCの報告書には22の温暖化予測が示されている。しかし予測ごとに結果はことなり，二酸化炭素濃度が2倍になったときの気温上昇には2～5度Cの範囲でばらつきがある。海面上昇の予測値も同じで，2100年に約30～100センチの幅でばらつきがある。おおかたの傾向はわかるが，細かい予測値を出すところまではいっていないのが現状である。

アメリカが二酸化炭素削減(さくげん)をしぶっている原因はこの点にある。「まだわからないのだから，もう少し勉強しようではないか」というのがブッシュ大統領の基本的態度であろう。

しかし対応の遅れは事態をより深刻にするおそれがある。IPCCが組織されてすでに4年たった。さらにデータを集め，議論を行い，統一見解を得て二酸化炭素の削減を行うことを提案し，それを実行しようとすれば，簡単に10年ぐらいの歳月がたってしまう。その間にも二酸化炭素はどんどん放出される。やはり一刻も早い対応が必要であろう。

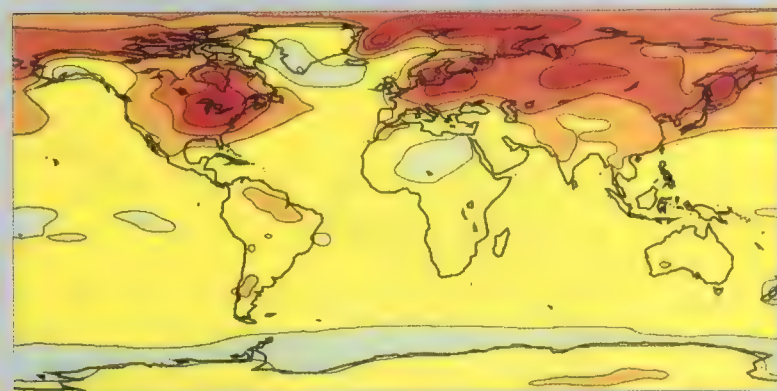
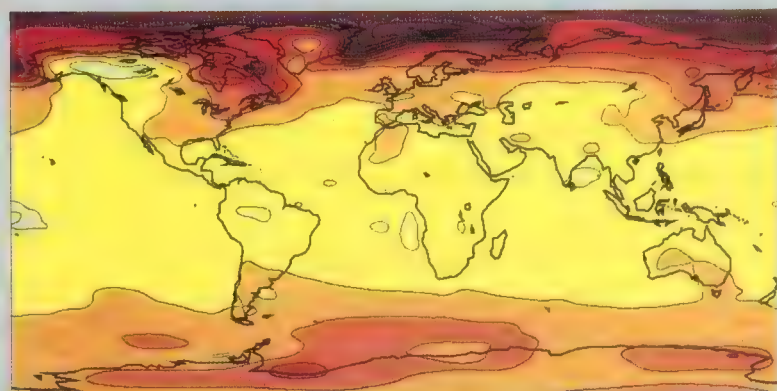
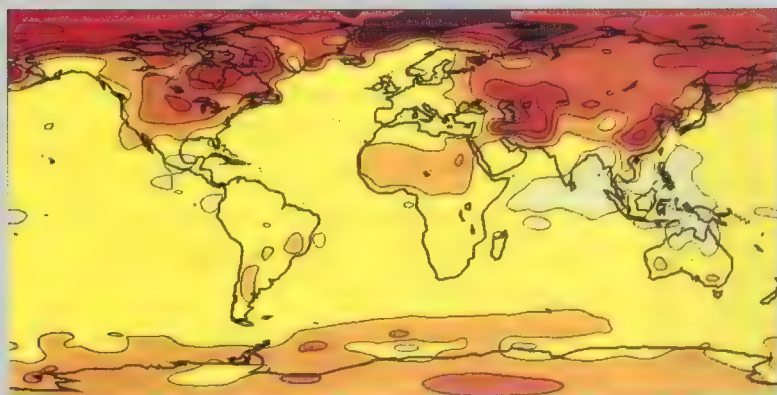
もう一つ必要なことは，きたるべき温暖化にそなえ，どのような影響があらわれるかを前もって予測しておくことである。

大気中の二酸化炭素濃度を一定に保つには，現在の排出量を60％以上も減らす必要がある。たとえ排出規制を行うとしても，これほど強力な規制は困難とみられる。温暖化をまぬかれることはできないと考えたほうがよい。

温暖化はどのような影響を地球におよぼすのか。

IPCCでは，温暖化が生態系や人間活動にどのような影響をおよぼすかについても予測を行った。100年で3度Cの気温上昇がおきた場合，年間10キロの速さで気候帯が移動する。植生が移動できる速さはせいぜい年間2キロと見積もられている。気候の変化に追いつけず，植生分布が縮小・消滅するおそれがある。高山植物の

冬〔12月, 1月, 2月〕の気温変化の予測

二酸化炭素濃度が2倍になったとき，現在よりも何度気温が上昇するかがあらわされている。上段はカナダ気象センター，中段はアメリカの海洋大気局地球流体力学研究所真鍋淑郎(まなべしゅくろう)ら，下段はイギリス気象庁の予測結果である。日本に注目してみると，予測結果にはばらつきの大きいことがわかる。

多くは，生息域がせばまって絶滅してしまうだろう。種の多様性が失われる可能性が大きい。

人間の多くが沿岸域に住んでいることから海面上昇が社会的な問題となっているが，それは海の生態系にも大きな影響をおよぼす。海の一次生産量の90％は大陸と海洋の間の沿岸域で占められている。この地域の環境変化によって，自然の生産量が大幅に減少すると予測される。

農業生産は，地域的なバランスがくずれてコスト高になるだろう。もともと人間の手によるものであるから，適応しやすい面もある。また二酸化炭素濃度の増加によって，植物の生産性が高まることも考えられる。

しかし今回は，温暖化によって降水量がどう変化するかが不明だったため，農業に関する予測には限界があった。現在乾燥している地域はより乾燥し，湿潤(しつじゅん)な地域はより湿潤となって二極分化が進むのではないかといわれているが，確かではない。

現在，山岳地帯の雪どけ水を利用している地域は，深刻な水問題を招くかもしれない。降水などによる供給量が10％変化すると，わき水や地下水として実際に利用できる量が40〜70％変化するといわれている。今後，水のコントロールが非常にむずかしくなると考えられる。

そのほか，陸地面積の20〜25％を占める凍土地帯がとけだして放出されるメタンガスが温暖化を加速することが心配されている。マラリアを媒介(ばいかい)するハマダラカの分布や，農業生産に影響をおよぼす害虫の分布が拡大するおそれも指摘されている。

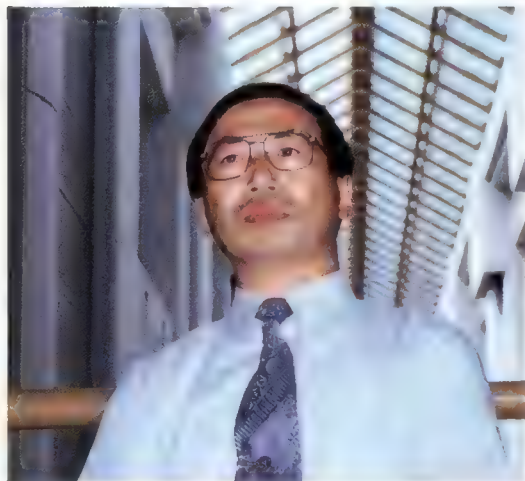
具体的な見通しを立てるには，今後の研究が重要だ。

堤防やダムをどこにつくるか，どんな品種改良を行うか，どこを保護して多様性を保つかなどの見通しを立てるため，温暖化の予測と影響の研究はまだまだ必要である。

11月からはIPCCの第2期の活動が開始される。人間活動をどこまで拡大してもよいのか，またどのような速さで進めるべきかを検討し，経済評価も取りこんで，成長の限界を検討することになろう。

100年間で0.5度C気温上昇。地球温暖化ははじまっているのか。

三上岳彦 東京都立大学理学部教授

三上岳彦教授。温室効果による温暖化がはじまっているかどうかは，数百年スケールの気候変動の解明がなされなければ，わからないという。

IPCCの報告によると，過去100年間に地球全体の平均気温は約0.5度C上昇したという。全球平均気温といっても，海洋上や山岳，砂漠地帯では気温の観測はほとんど行われていないから，厳密には陸地部を代表する気温というべきかもしれない。ただし，最近では海面水温のデータから，海洋上の気温を推定できるようになった。

温室効果と気温上昇を関連づける確証はまだない。

全球平均気温を算出する試みは，これまでにいくつかなされている。IPCC報告に取り入れられたのは，イギリスのフィリップ・ジョーンズらの研究グループによる成果で，世界中の観測データを綿密に統計処理して，緯度・経度5度ごとの格子(こうし)点の気温を求め，これを平均したものである。

1890年から1990年までの気温変動をみると，南北両半球ともに100年間で0.5度Cの上昇という結果が得られる。しかし過去100年間の変動状況は一様ではない。

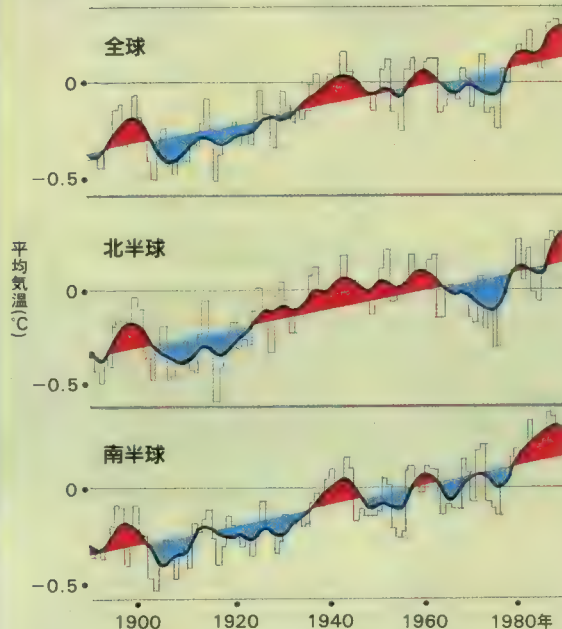
北半球の場合，1900〜1910年代が最も寒冷であったが，1920年ごろから1940年ごろにかけて急激に温暖化した。1960年ごろから1970年代前半までは逆に寒冷化傾向があらわれた。その後，ふたたび温暖化に転じ，1980年代は観測史上最も高温な10年となった。

南半球についても，長期的な温暖化傾向は一致しているけれども，北半球にみられたような1960年ごろから1970年代前半にかけての一時的な寒冷化は認められない。全球的にみると1920年ごろまでは寒冷な時代であった。その後1940年代にかけて急速な温暖化が進み，1950年代から1970年代前半にかけてやや足ぶみしたものの，1980年代以降は，顕著(けんちょ)な温暖化が進行している。

では，現在進んでいる温暖化はいつはじまったのだろうか。全地球的な気象観測データが得

地球の気温変化

最近30年間の平均を0としたときの気温変化をあらわした(P.D.Jonesほか, 1991)。ここ100年の間に平均すると0.5度C気温が上昇していることがわかる。しかしその変動の状況は一様ではない。

られるのは19世紀後半からである。それ以前については推定になるが，広い意味の温暖化傾向は19世紀中ごろからはじまったと考えるのが妥当である。これは産業革命によって大気中の二酸化炭素濃度が増加しはじめた時期に一致する。しかし太陽活動の指標となる黒点数の長周期変動からも，温暖化の一部が説明できる。

最近10数年間の顕著な気温上昇については，過去百数十年間つづいてきたゆるやかな温暖化に含まれる波の一つにすぎないとみるか，あるいは温室効果が顕在化したとみるかで意見が分かれる。少なくとも現時点では，温室効果を最大要因とする証拠は得られていない。

数百年スケールの気候変動が温暖化を読むかぎとなる。

これより前，16世紀ごろから19世紀前半までの約300年間は「小氷期」とよばれ，ヨーロッパを中心に世界的に寒冷な時代であった。最も低温な17世紀には，全球平均気温が現在よりも約1度C低かったと推定されている

ヨーロッパでは，アルプスの山岳氷河が各地で前進し，イギリスでは全面結氷(けつぴょう)したテムズ川で氷上の市場が開催(かいさい)された。日本では江戸時代にあたるが，冷夏が引き金となって天明(てんめい)や天保(てんぽう)の飢饉(ききん)がおき，冬には淀(よど)川が結氷したという記録も残っている。

さらに時代をさかのぼると，10世紀ごろから13世紀ごろにかけて現在とほぼ同程度の温暖期があり，「小気候最良期」などとよばれている。海氷のない北大西洋を航行してノルマン人によるグリーンランド，アイスランドへの植民活動が活発に行われたのもこの時代である。

こうしてみると気候の温暖化や寒冷化には数百年から数十年程度の波があり，現在の温暖化もそうした気候変動の波の一つとみなすこともできる。この程度の時間スケールの気候変動の要因としては，人為的な温室効果のほかに太陽活動や火山活動が大きく寄与すると考えられる。

北半球でみられた1960年代から70年代にかけての寒冷化は，一方的に増加しつづける二酸化炭素濃度からは説明することができない。また，グリーンランドを中心とする北極域では，1980年代以降寒冷化が進んでいる。二酸化炭素濃度が倍増したときの気候モデルでは，高緯度地方は顕著に温暖化が進むとされており，予測と矛盾(むじゅん)している。

気候を変動させる要因としては，温室効果や太陽活動，火山活動のほかにも海洋の深層循環が重要な役割を果たしている。さらに自然そのものに内在するといわれる数十年単位の変動性も無視することはできない。予測精度の高い気候モデルの開発と並行して，数百年スケールの気候変動のメカニズムの解明が待たれる。

干上がってしまったオーストラリアの湖。約5年にわたりこの状態がつづいている。1980年代にはたしかに急速な温暖化が進んだが，これが通常の気候変動の範囲内なのか，温室効果によるものなのか，意見が分かれる。

地球温暖化の影響か？ 年に1.0〜1.5ミリの海面上昇がおきている。

小池一之 駒沢大学文学部教授

小池一之教授。南極の氷床がとけだす心配はないというのがIPCCの予測であるが，現状を考えるともっと大規模な海面上昇がおきる可能性もあるという。

1991年の「気候変化の環境および社会に及ぼす影響に関する国際会議(CIES)」の席上，アメリカ，メリーランド大学のステファン・レザーマンは，アメリカ大西洋岸の砂州で進行している大規模な海岸浸食を示し，地球温暖化にともなう海面上昇がすでに進行していると警告した。ここでは過去100年の間に海面が30〜40センチも上昇し，場所によっては1000メートルにも達する砂浜の後退が報告されている。

21世紀なかばには1年に1センチの速度で上昇する。

海面の陸地に対する相対的な変化は潮位にあらわれる。世界各地のデータには，地殻変動による地盤の上昇や沈降，また人間活動にともなう地盤沈下などの影響でばらつきがある。しかし過去100年の変化をみると，1年に1.0〜1.5ミリの速度で海面が上昇しているとの報告が多い。最近50年間では，上昇速度が加速して1年に2.4ミリともいわれる。

気温が上昇すると極地や高山の氷床がとけて海へ流入し，さらに水温上昇によって海洋水の体積が膨張して海面上昇がおきる。海面は地球規模の気候変化をあらわすよい指標となる。

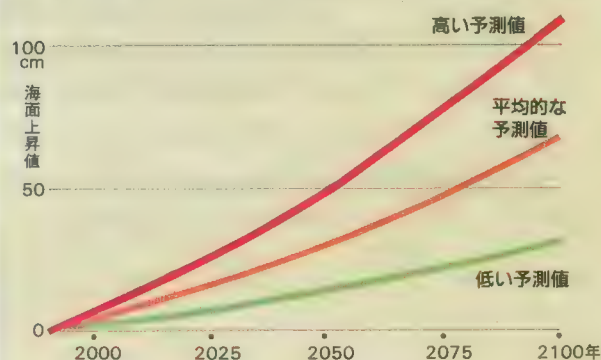
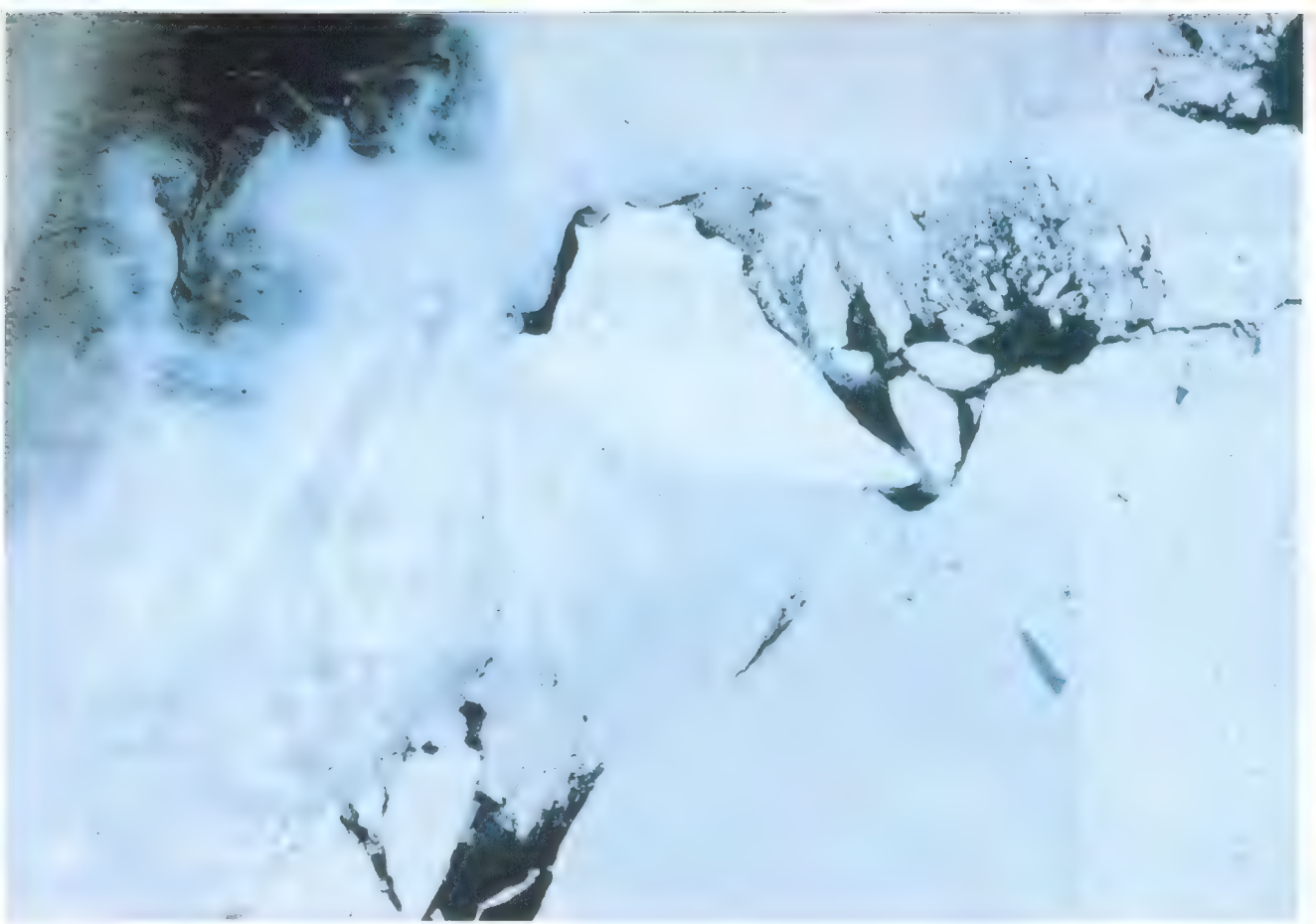
地球温暖化にともなう海面上昇問題に，最初に組織的な研究・調査に取り組んだのは，アメリカ環境保護局（EPA）であろう。先にのべたように，アメリカ大西洋岸では深刻な海岸浸食がすでに進行している。1980年代前半には，2100年までに144センチほど海面が上昇するとの予測もあった。IPCCの最終報告はそれよりだいぶ少ない予測値となっている。二酸化炭素などの温室効果ガスの排出量規制があまり進まない場合，海面は2030年までに18センチ，2100年までに66センチほど上昇するとの予測である。そして21世紀なかばにはほぼ1年に1センチの割合で上昇するという。この予測値は過去100年の上昇速度より1桁大きい。

日本やオランダなどの先進国では，100年後におきるかもしれない1メートル弱の海面上昇に対し，防災施設の強化によって海岸低地を保護することが可能である。アメリカのように広大な国土を有する国では，危険地帯を放棄することも可能だろう。

しかし水田や養魚場などの開発が進んでいる東南アジア各国の沖積低地や，大洋に点在する

IPCCによる海面上昇の予測

100年で3度Cの気温上昇がおきると考えた場合，海面が現在よりもどのくらい上昇するかをあらわしてある。21世紀なかばには1年に1センチの上昇速度になると予測されている。

画像は1989年に昭和基地の近くにあらわれた縦20キロ，横30キロにおよぶ大氷山をとらえたものである。南極氷床がとけだすようなことがあれば，海面上昇はさらに加速される。MOS-1データ：受信・処理 宇宙開発事業団

環礁の島々では事態は深刻である。バングラデシュではデルタ地帯の人口は4000万人以上にも達し，1メートルの海面上昇で国土面積の15％に海水が浸入し，1500万の人々が住居を失うという。太平洋やインド洋に浮かぶ環礁の島々は，最高地点でも数メートル以下の高度しかない。1メートル弱の海面上昇も深刻な事態を招くことが予測される。

南極氷床がとけだせば事態はより深刻になるだろう。

それでは，実際に地球温暖化によって海面上昇速度が加速され，IPCCの報告のように21世紀には世界全体の海面がかなり上昇するのだろうか。

海面上昇の一つの原因である海水の体積膨張を知るには，深層水も含めた海水温度の変化を調べればよい。最近，南西太平洋で22年間に2～3センチの海面上昇をもたらす規模の水温上昇が観測された。しかしこのようなデータはまだわずかである。また国土地理院は関東一円の水準測量データと三浦半島油壺の潮位記録とを比較し，過去35年間で1年に1.9ミリの割合で海面が上昇していると報告した。その速度は加速されており，監視が必要であると訴えている。

海面上昇はIPCCの予測を上まわるおそれもある。IPCC予測では温暖化の影響をあまり受けないと考えられていた南極氷床も，必ずしも安定したものではないらしい。西海岸のワーディ棚氷の急速な崩壊が報告されたが，ほかにも崩壊のきざしがみられる棚氷があるという。また白瀬氷河の後退や，みずほ基地周辺で1000年の間に300～400メートルも氷床が薄くなったという報告もある。海洋水の水温変化，グリーンランドや南極に分布する大氷床の消長を解明することが急務であろう。

アメリカの大気研究センター（NCAR）のスティーブン・シュナイダーは，著書『地球温暖化の時代』の中で「次世紀に向けて海面が引きつづき上昇する可能性が高いことを考慮に入れて沿岸利用の政策をたてるには，もう遅すぎるくらいの時になっている。……典型的な自然の速度よりも10倍から15倍も速く進み，地球的なスケールでおきるであろう気候変化（海面上昇）は，決して体験すべきものではない」と警告している。

サンゴ礁の死滅

地球温暖化の影響か？ サンゴが世界各地で大量死している。

目崎茂和 三重大学人文学部教授

目崎茂和教授。サンゴ礁は環境ストレスに対して鋭敏であり，温暖化を含めた地球環境の変化に対し，たえず警告を発しているという。

浦島太郎が玉手箱の煙で一瞬のうちに白髪になった話は有名だ。これと似た現象が自然界でもよくおきる。それも海の中で不気味に，大量に発生しているのだ。熱帯や亜熱帯の浅海にあるサンゴ礁では，突然サンゴが漂白されたように真っ白になり，しばらくして死ぬことがある。サンゴ礁の海辺を舞台にしているとすると，浦島説話は何やら現実性をおびてくる。これは一般に白化現象とよばれ，とくに1980年代に入ってから今日まで，世界各地のサンゴ礁で報告されだした。その多くは高水温期の発生である。

地球温暖化による影響が論議される中で，サンゴ礁ではこの白化現象のほか，海水面上昇，熱帯低気圧による高波などによる多くのダメージが，とりわけ注目されるようになった。そしてサンゴ礁が地球温暖化の最初の犠牲になるのではないかと懸念されている。世界自然保護基金（WWF）によるレポート『自然は地球温暖化を生きのびられるか』（1992年2月発表）では，サンゴ礁が温暖化の影響を真っ先に受ける「最前線生態系」に位置づけられている。本年6月グアムで開催された第7回国際サンゴ礁シンポジウムでも，この問題に関して多くの発表があった。そこで白化現象を中心に，温暖化とサンゴ礁の関係について検討してみよう。

世界各地でひん発する白化現象によるサンゴの大量死

造礁サンゴの体内には，大量の共生藻（褐虫藻とよばれ，原生生物の渦鞭毛藻）が成育して光合成をいとなんでいる。サンゴと共生藻とは，相互に体内でつくりだされた物質を利用して暮らす密接な共生関係にある。造礁サンゴ自身が色素をもつ場合もあるが，その褐色や黄色などのいろどりは共生藻が体内に生息するからである。しかし水温や塩分濃度などの外部条件が異常に変化すると，共生藻がサンゴからはなれて白化現象がおきる。環境が回復すると元にもどる場合もあるが，異常が継続するとサンゴはそのまま数か月以内に死ぬ。

1982～1983年に，コスタリカ，パナマ，コロンビア，エクアドルの沿岸と島々を含む東太平洋海域で，広域にわたる白化現象とそれにともなう大量死が注目された。これは今世紀最大と

サンゴの白化現象と死滅がおきた地域
1980年代に入って世界各地のサンゴ礁で白化現象が報告されるようになった。サンゴ礁は環境変化に鋭敏に反応するため，地球温暖化の最初の犠牲になることが懸念されている。

いわれるエルニーニョによる海水温上昇がその原因であった。通常28度Cの海水温が30～32度Cに上昇したエルニーニョ期にほとんどのサンゴが白化し，多くのサンゴが数週間以内に死んだ。とくにガラパゴス諸島での被害は顕著で95～99％のサンゴが死んでしまい，その後の回復もほとんど進んでいない。

このほかにも白化現象に関するデータがプエルトリコ大学の「海洋生態かく乱情報センター(MEDIC)」に収集された。その結果，世界的にみると1979～1980，1982～1983，1986～1988年に広範な白化現象が確認された。そして今回のシンポジウムでも1989年にジャマイカなどのカリブ海域，1990年に北西大西洋の熱帯・亜熱帯海域一帯とインド洋・太平洋海域，1991年にはフランス領ポリネシアやタイなどで発生がつづき，1989年以降も各地でひん発していることが報告されている。

白化現象は地球温暖化の影響ばかりとはかぎらない。

白化現象は低水温や豪雨による淡水化（低塩分濃度），土砂流入などによる汚染(おせん)も原因となることがある。しかし多くは30度Cをこす高水温時か夏の終わりなどに発生することから，主因としては高水温が考えられている。夏の高水温期には一般に塩分濃度が高まり，紫外線強度の増加（共生藻の葉緑体を破壊する）ともあいまって白化現象を促進させる作用をもっている。

この白化現象が高水温によって近年多発したとなれば，温暖化の影響のあらわれと考えられよう。そしてサンゴは1～2度Cという水温上昇にも敏感に反応するため，温暖化に対する早期の警告としての役割を認めることができそうだ。

しかしながら近年の白化現象を，ただちに温暖化に結びつけることを疑問視する研究者も多い。白化現象への関心，情報網の整備によるデータの集積が，見かけ上の多発を引きおこしている可能性もある。開発などによる生態系かく乱にさらされ，環境ストレスが増大したところに局部的な高水温が加わって発生したとも考えられ，短絡(たんらく)的に温暖化とはいいきれないものがある。

現段階のデータや研究では，温暖化の白化現象への影響は否定も肯定もできない。ただしサンゴ礁生態系の消滅や破壊は，サンゴ礁が環境ストレスに対して鋭敏なために，温暖化を含めた地球環境の変化に対して，たえず警告を発していると認識すべきであろう。

石垣島白保(しらほ)で白化現象をおこしたサンゴ。褐色や薄紫色の部分は白化現象をまぬかれた生きたサンゴである。このときの原因は豪雨で濁水(だくすい)が流れこんだことであった。サンゴの白化現象は高水温が原因となることもある。

宇宙を計算しよう
地球から銀河宇宙へ——初級天文学入門
第1回

宇宙全体の質量を求めよう

祖父江義明
東京大学理学部教授

今年はアイザック・ニュートン生誕350周年にあたる。ニュートンが明らかにした「万有引力の法則」は，宇宙と天体の運動を解明するかぎをわれわれにあたえてくれた。本シリーズはニュートン生誕350周年を記念して，彼の万有引力の法則を紹介しながら，地球を出発して惑星の運動や星までの距離，銀河の回転運動などをやさしく解説していくシリーズである。
今回は宇宙全体の体積や質量の求め方，宇宙の階層構造についてふれる。

宇宙の体積を求める。

君は宇宙の大きさについて考えたことがあるかな。大きな，途方もなく大きな，私たちが想像できるかぎり大きな空間を想像してみよう。それが宇宙だとしよう。宇宙は膨張(ぼうちょう)している。宇宙の果てでの膨張速度 v は光の速度 c とほとんど同じで，

$v \sim c$

（～というのは，両辺が1桁(けた)ぐらいの精度で合っていればよいという意味の記号）

その向こうはみえない。ここを「宇宙の地平線」とよぼう。

宇宙の年齢 t を銀河系にある最も古い星の年齢から推定すると

$t \sim 150$ 億年

宇宙はこの150億年の間，光の速度で膨張しつづけてきた。そこで宇宙の地平線までの距離を宇宙の半径 R と考えると，それは

$R \sim c \times t$
～(光速度)×（150億年)
～150億光年

に達したところである。

光は1秒間に30万キロメートル進む。1日は8万6400秒，1年は3153万6000秒だから，宇宙の地平線半径 R は

$$R \sim c \times t$$
$$\sim 300000 \times 15000000000 \times 31536000$$
$$\sim 141912000000000000000000 \text{km}$$

これは途方もない距離だ。今後，途方もなく大きな数をあらわすのに 10^2 とか 10^3 とかいう表記を使おう。これは10の2乗，10の3乗と読む。10^2 は1のあとに0が2個ついた数字，つまり100をあらわす。10^3 は1000だ。この方法で宇宙の地平線半径をあらわすと，それは約 1.4×10^{23} キロメートルである。

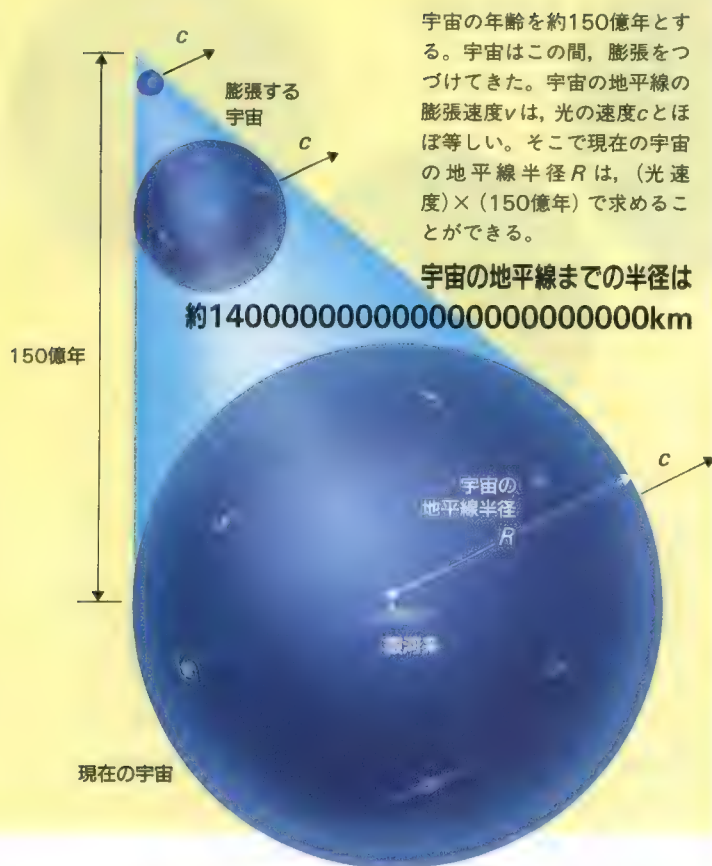
また途方もなく小さな数をあらわすには 10^{-2} とか 10^{-3} という表記を使う。10^{-2} とは0.01で1の前に0が2個ついた少数を示す。

上で想像した途方もなく大きな空間は，半径が約 1.4×10^{23} キロの球である。したがって宇宙の地平線までの全体積 V はメートルで計算して

$$V \sim \frac{4\pi R^3}{3}$$
$$\sim \frac{4 \times 3.14 \times (1.4 \times 10^{26})^3}{3}$$
$$\sim 1.2 \times 10^{79} \text{m}^3$$

である。ためしに君が持っている紙に，1のあとに0を79

個書いてみよう。それを1.2倍した値が，立方メートルであらわした宇宙の地平線までの体積なのである。

宇宙の質量を求める。

次に宇宙の質量を求めてみよう。そのためには宇宙がもっているエネルギーを利用する。宇宙のエネルギーには「運動エネルギー」と「重力エネルギー」がある。宇宙の運動エネルギーは宇宙の膨張運動によるエネルギーである。重力エネルギーは自分自身の引力にさからっている位置のエネルギーのことである。

宇宙の運動エネルギーがその重力エネルギーにうちかてば宇宙は永遠に膨張をつづける。逆ならば宇宙はいつかちぢみはじめる。ここでは現在の宇宙の運動エネルギーは重力エネルギーと同じくらいと考えよう。

求めたい宇宙の質量を M とすると，宇宙の運動エネルギー E_k は宇宙の相対論的なエネルギー Mc^2 ぐらいだと考えられる。

$$E_k \sim Mc^2$$

質量 M の物体がもつ相対論的なエネルギーは，質量 M に光速度 c を2回かけた値に等しい。

宇宙の重力エネルギー E_g はニュートンの「万有引力の法則」（次回に説明）から

$$E_g \sim \frac{GM^2}{R}$$

G は「重力定数」といい，値は $6.7\times10^{-11}\ \mathrm{m^3/kg\cdot s^2}$ である。

$E_k \sim E_g$ だから

$$Mc^2 \sim \frac{GM^2}{R}$$

よって宇宙の質量 M は

$$M \sim \frac{Rc^2}{G}$$

$$\sim \frac{1.4\times10^{26}\times(3\times10^8)^2\times10^{11}}{6.7}$$

$$\sim 1.9\times10^{53}\mathrm{kg}$$

である。

宇宙の平均密度は宇宙の質量 M を宇宙の体積 V で割ればよくて

$$密度 \sim \frac{M}{V}$$

$$\sim \frac{1.9\times10^{53}\times10^3}{1.2\times10^{79}\times(10^2)^3}$$

$$\sim 1.6\times10^{-29}\ \mathrm{g/cm^3}$$

である。これは1辺50センチの立方体の中に水素原子1個しかないという希薄な世界である。

宇宙の階段を降りよう。

シリーズ第1回の最後では，宇宙全体の姿をざっと紹介しよう。星が集まって銀河をつくり，銀河が集まって銀河団をつくるように，宇宙は階層構造からなっている。これは大きな階段をイメージするとわかりやすい。星の階段の上は銀河の階段，その上は銀河団の階段というように。では想像できるかぎりの大きな宇宙からはじめて，宇宙の階段を降りていくことにしよう。

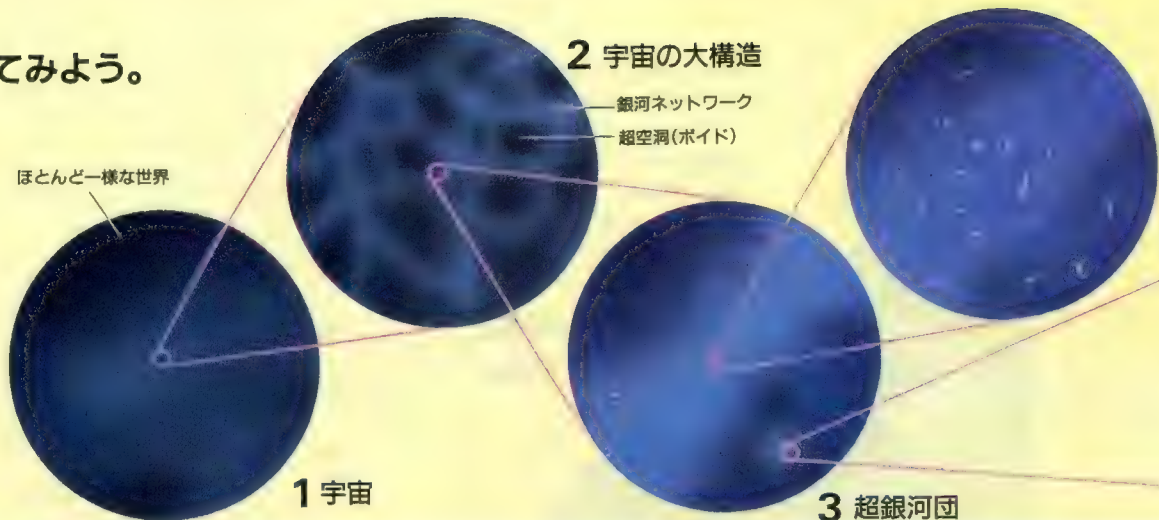
1　宇宙

半径約150億光年のとてつもなく大きな空間。図にかいたスケールでながめると，ほとんど何も模様がみえない一様な世界である。しかし最近，NASA（アメリカ航空宇宙局）の観測衛星が，宇宙には10万分の1ぐらいのゆらぎがあることを突き止め，宇宙は完全に一様ではないことがわかってきた。

2　宇宙の大構造（銀河ネットワーク）

宇宙全体の10分の1ほどの領域を拡大してみよう。すると宇宙の大構造，あるいは銀河ネットワークとよばれるもやもやがみえてくる。このもやもやをつくっている粒々（つぶつぶ）

宇宙の全体像をみてみよう。

半径約150億光年という広大な宇宙を理解するには，いくつかの階層に分けていくのがよい。ここでは1）宇宙 2）宇宙の大構造 3）超銀河団 4）銀河団 5）銀河群 6）銀河 7）銀河の渦巻き構造 8）星 9）太陽系の階層に分けて宇宙の全体像をみてみた。

は無数の銀河である。銀河ネットワーク全体は宇宙膨張に乗って広がりつつある。網目と網目の間の空間は「超空洞（ボイド）」とよばれ，銀河がほとんどみつからない巨大な泡のような空間である。超空洞の直径はおよそ1億～3億光年もある。

3　超銀河団

ネットワークのところどころ，節目になっているところをさらに10倍ぐらいに拡大してみよう。すると無数の銀河が群れているのがわかる。超銀河団である。その直径はおよそ1億～数億光年ぐらいである。超銀河団の中の銀河の群れは一様ではなく，たくさんのかたまりになって，巨大な銀河の群れをつくっている。

4　銀河団

超銀河団のところどころにかたまった銀河の群れをまた10倍に拡大する。すると今まで点の集まりにしかみえなかった銀河が，一つずつ識別できるようになる。あるいはだ円銀河，あるいは腕をもつ渦巻銀河がみえてくる。このような銀河の大集団を銀河団とよぶ。半径はおよそ500万～1000万光年ほどである。

銀河団には1000から1万個の銀河が密集している。そして全銀河の質量を足し合わせたよりも10倍から100倍ものみえない質量が銀河団を満たしている。この質量は「ミッシング・マス」とよばれる正体不明のものである。個々の銀河は秒速1000キロほどでランダムに運動して，銀河団の中を飛びまわっている。一つの銀河が銀河団の中をひとめぐりするのに要する時間は10億年ほどである。

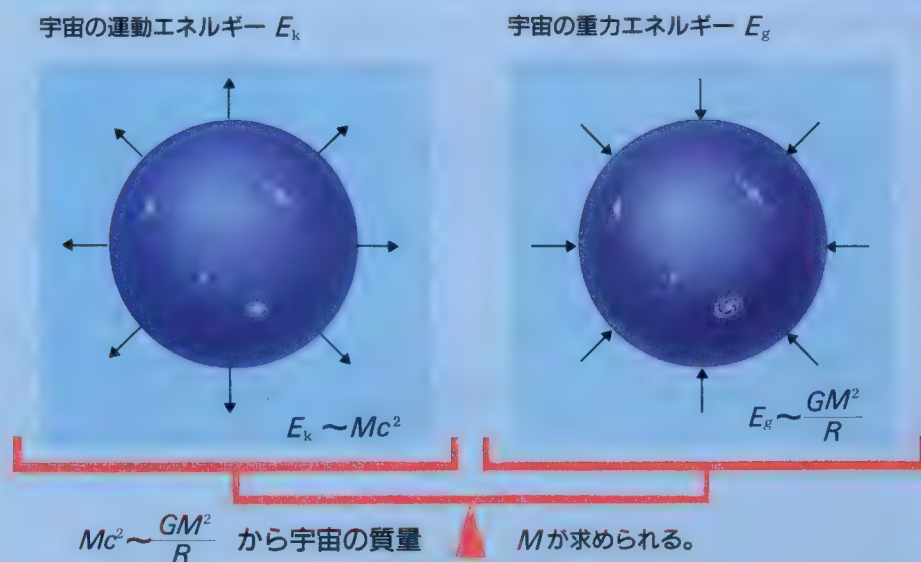
5　銀河群

銀河の集まりの中には，銀河団よりも規模の小さなものもある。数十から100個ぐらいの銀河が集まった集団で，銀河群とよばれる。大きさは半径100万～200万光年ほどである。

私たちの銀河系やアンドロメダ銀河も，ほかのいくつかの銀河といっしょに銀河群をつくっている。この銀河群を「局所銀河群（ローカルグループ）」とよんでいる。

一つ一つの銀河のまわりを「衛星銀河」とよばれる小さな銀河が取り巻いている。銀河系の衛星銀河は大小のマゼラン銀河，アンドロメダ銀河のそれはM32などである。

宇宙の質量を求めるには

宇宙は膨張運動にともなう運動エネルギーE_kをもっている。また自分自身の引力にさからっている位置のエネルギーである重力エネルギーE_gをもっている。運動エネルギーと重力エネルギーを等しいと仮定すると，全宇宙の質量を計算することができる。

6　銀河，銀河系

銀河群のメンバーを10倍ほどに拡大すると，銀河の形がはっきりとみえてくる。たとえば私たちの銀河系やアンドロメダ銀河の半径は，およそ5万光年である。質量は太陽質量の2000億倍もある。銀河は数千億個の星がつくる大円盤である。

銀河円盤のまわりをたくさんの球状星団が取り巻き，半径15万光年ほどの球状の領域「ハロー」をつくっている。銀河系は中心付近の球形の「バルジ」と円盤とで構成され，全体として凸(とつ)レンズ形をしている。円盤の厚さは1000光年，バルジの半径は3000光年ほどである。

7　銀河の渦巻き構造

銀河系には星のほかに多量の星間ガスや暗黒星雲がただよっている。青白い若い星や星間ガスは渦状の腕に密集している。腕と腕の間隔は3000〜4000光年ほどである。

8　夜空の星

銀河系の無数の星の一つが太陽である。ぐっと太陽に近づいてみよう。太陽のまわりを取り巻く星の平均距離は数光年ほどである。間に浮かんでいるガス雲は直径100光年ぐらいである。私たちが肉眼でながめられる星は4000個余りとされる。その大半は太陽から距離100〜1000光年にある星だ。星は銀河中心をめぐる円運動のほかに，かってな速度で動きまわっている。その速度は平均すると秒速30キロほどである。

星座を形づくっているような明るい星には，もっと近距離の星が多い。太陽に最も近い星は，ケンタウルス座アルファ星で距離は4.3光年である。全天で最も明るいマイナス1.5等級のシリウスは，距離8.6光年で太陽に6番目に近い星である。

9　太陽系

やっと太陽系にたどり着いた。太陽系は九つの惑星(わくせい)からなる惑星系である。最も遠い惑星の冥王星(めいおうせい)の軌道半径は約59億キロである。そしてわが地球の軌道半径は約1億5000万キロである。

これで宇宙全体のスケールの階段をざっと見渡した。次回からはこの宇宙の階段を1段1段，注意深く下から上っていくことにしよう。人類が何千年もかけて築き上げてきた階段である。1段でも踏みはずすと，宇宙の計算が狂ってしまうから慎重(しんちょう)に。

天文学でだいじな三つの量

学校で行う身体測定の基本はまず身長，体重，年齢。これは宇宙でも天体でも同じである。だいじなのは，

大きさ：R　（たとえば半径）

質量：M

時間：t　（年齢，回転周期など）

この三つの値がわかれば，これらの組み合わせとして以下の値を求めることができる。

速度：$v=\frac{R}{t}$

エネルギーのうちの

運動エネルギー：$E_k=\frac{Mv^2}{2}$

重力エネルギー：$E_g=\frac{GM^2}{R}$

このほかに熱エネルギーや静止エネルギーもある。

光度（明るさ）：$L\sim\frac{E}{t}$

天体を理解するにはさらに天体の形や活動性がかぎとなる。人間でいえば，身長，体重，年齢だけでなく，その人の性格や容貌(ようぼう)，運動能力などにも興味をひかれるのと同じことだ。

惑星の運動や星までの距離，天体の質量などを求める問題は，大学の入試試験にも出題されています。過去の天文関係の問題を集めて解説した参考書に『入試解法からみた宇宙の法則』伊藤太一著（グローバルライブラリー）があります。東京の三省堂書店神田本店で入手できます（編集部）。

ヒトにはなぜ

脳科学から利き手の不思議を探る

右利きが多いのか？

右利きと左利きの人数をくらべると，右利きが圧倒的に多い。はさみや電話機，自動販売機などはほとんど右利き用につくられている。そのため現在の社会では，左利きの人に必要以上の負担がかかっている。なぜヒトには利き手があり，右利きが多数派なのだろうか？　サルには利き手があるのか？　左右の脳のちがいは利き手と関係があるのか？　など，利き手の不思議を探る。

久保田 競 京都大学霊長類研究所所長

左利きと天才

あなたの利き手は右だろうか，左だろうか。100人が集まると，およそ90人が右利きで，10人が左利きである。左右のどちらかの手を好んで使うこと，つまり利き手は普遍(ふへん)的なもので，民族や時代をこえて利き手の比率はかわっていないと考えられている。数万年前にかかれた洞くつの壁画からは，左手の絵が多数発見され，右手の絵はごくわずかしかなかった。つまり左手をみながら，右手で絵をかいたらしい。左利きは昔から少数派だったのである。

少数派の左利きではあるが，俗に「天才には左利きが多い」といわれている。天才的な画家レオナルド・ダ・ビンチ（1452～1519）や，「相対性理論」を生んだ物理学者アルバート・アインシュタイン（1879～1955）は左利きであった。

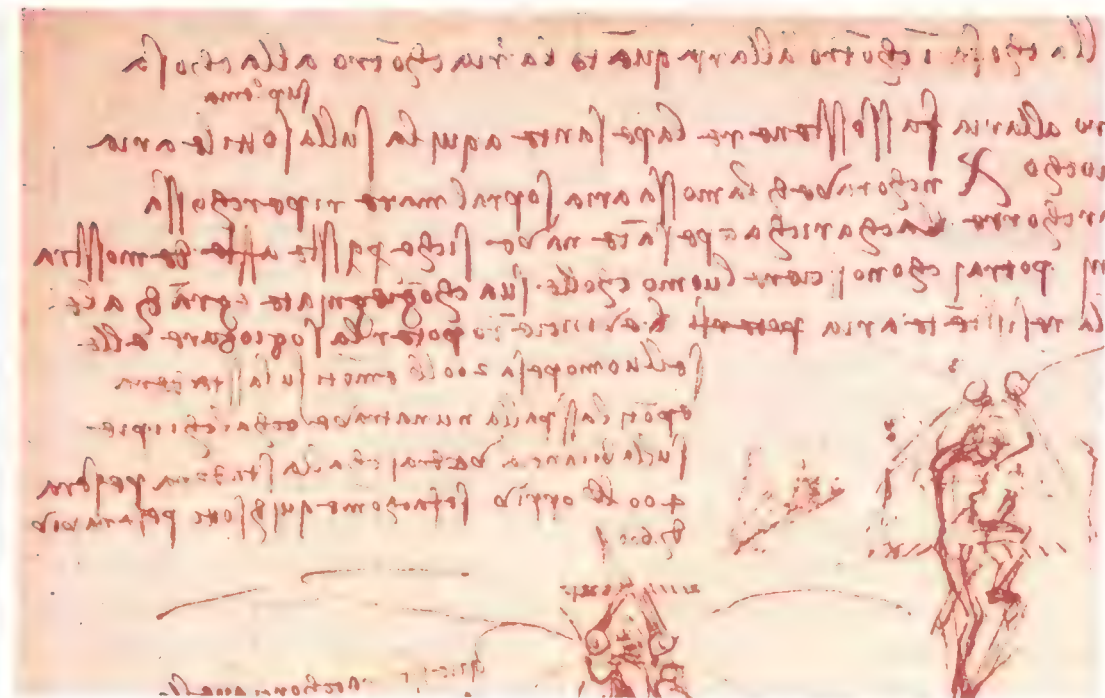
ダ・ビンチは幼少のころに母親からはなされ，父親の家庭で育てられた。人間関係がうまくいかず，一生独身だった。学校でのラテン語や算数の成績は普通だったという。ダ・ビンチは生来(せいらい)の左利きだった。21歳のとき，自分の絵の解説を左手で書いた鏡像文字が残っている。文字を鏡で映してみたように左右反対に書くのが鏡像文字である。

アインシュタインも生まれつきの左利きであった。学校の成績は普通以下で，若いころはうまく話せなかった。しかしのちに相対性理論を生みだした。

人間の脳は左右に分かれており，普通の人は左脳が言語脳，右脳が空間脳になっている。また右手を使うときは左脳が，左手を使うときは右脳がはたらく。

鏡像文字が書ける人は生来の左利きで，右脳半球が普通の人とはちがって言語脳になっている。ダ・ビンチはそのような1人と考えられる。鏡像書きをするのは大部分が男性で，女性はわずかである。

アインシュタインは左利きであることから，空間脳である右脳が発達していたのだろうか。自分の頭に浮かんだ視覚像を理論化・数式化することで，相対性理論が生まれたといわれてい

ヒトは石器時代から右利きが多かったらしい。原人(ホモ・エレクトス)の末期には，少なくとも利き手は存在していたようである。右利きと左利きの比率は，民族や時代をこえてかわっていないと考えられている。

レオナルド・ダ・ビンチが残した鏡像文字。ダ・ビンチは数多くの鏡像文字を残している。普通の人とはちがい，右から左へと書かれており，鏡に映すと普通の文字にみえる。

る。アインシュタインの脳は死後，取りだされて解剖学者が観察している。顕著な左右差はなく，普通の人の脳より大きかったという報告がある。

利き手の進化

なぜ右利きが多数派なのだろうか。ヒトの生物学的特徴はすべて進化の産物であり，「利き手」も例外ではない。その意味でサルの利き手を知らないでヒトの利き手を語るのはむずかしい。そのもとはより下等な生物にみられると考えられるし，またそう考えなければならない。

数年前までは，サルに利き手があるとはだれも考えていなかった。今までサルの利き手を調べた研究論文は100ほどあるが，その大部分は利き手がないとし，ほんのわずかだけが利き手があるとしている。ある研究者はサルに利き手があるというのは実験上おきた何かのまちがいだろう，といっているくらいである。

「右利き」「左利き」や「両手利き」をヒトで決めるのは簡単である。鉛筆，歯ブラシや包丁など，片手で持って操作できる道具を左右どちら側の手で使うかを調べればよい。必ず片側の手で使ってくれる。先にものべたように90％の人が右手を使い，残りの10％の人が左手を使う。道具をかえても同じ側の手を使うのが普通であるが，なかには道具によって使う手をかえる人がいる。そんな人が両手利きである。しかしヒトの利き手の決め方はサルには適用できない。道具をほとんど使わないからだ。

手を動かすときには必ず脳がはたらいている。脳は大脳と小脳と脳幹からなる。大脳は半球が両方から合わさった球状をしており，大脳半球ともよばれる。脳の大部分を占めるので，普通，脳といえば大脳をさしている。

左右にある大脳半球は，手を交さ支配している。右手を動かすときは左大脳半球（左脳）が，左手を動かすときは右大脳半球（右脳）がはたらくのである。この「交さ支配の原則」は手を持つすべての動物にあてはまる。人間のように複雑な手の動きができるようになると，脳のはたらき方は複雑になる。しかし交さ支配の原則は，ネコのように簡単な手の動きしかできない動物と同じである。

となると疑問がわいてくる。サルに利き手がなくて，ヒトに利き手があるのはどうしてだろうか。サルにはなくてヒトにだけある脳の機能や構造がなければならない。ヒトに特有な機能と構造はなんだろうか。いよいよ答えられなくなってしまう。従来，ヒトにだけみられるはた

らきとして言語や二足歩行があるといわれてきた。しかし近年では，そのどちらもサルにみられ，ヒトではそれが高度に発達したにすぎないと考えられるようになった。

一つの仮説

生物学的な研究が進むにつれて，ヒトの独自性の主張がくずれてきた。利き手もそうである。「ヒトにだけ利き手がある」というのは，人間が万物(ばんぶつ)の霊長(れいちょう)(不思議な力をもった最もすぐれたもの)であると考えた人間のおごりではなかろうか。

このように考え，「人間利き手固有説」に疑問をもったアメリカの言語学者がいた。ピーター・マックネイラージである。彼はサルの利き手の論文をくわしく解析して，データは不十分であるが，サルにも利き手があると考えた。そして下等なサルに利き手が発生し，ヒトの利き手に進化したとする「利き手と脳の進化説」を1987年に発表した。サルが環境へ適応する行動の中で片方の手を使うようになり，利き手が発生し進化したというのである。

霊長類が食虫類から進化して地上にあらわれた5000万年前，ツパイなどのいちばん下等なサルの原猿類が樹上生活をはじめた。自分が木に登るときを考えてほしい。左右の手で同時に枝をつかんだりはしないだろう。まず片方の手で枝をつかみ，以後，交互に両手を使う。どちらかの手が主で，もう片方は補助の役割をする。

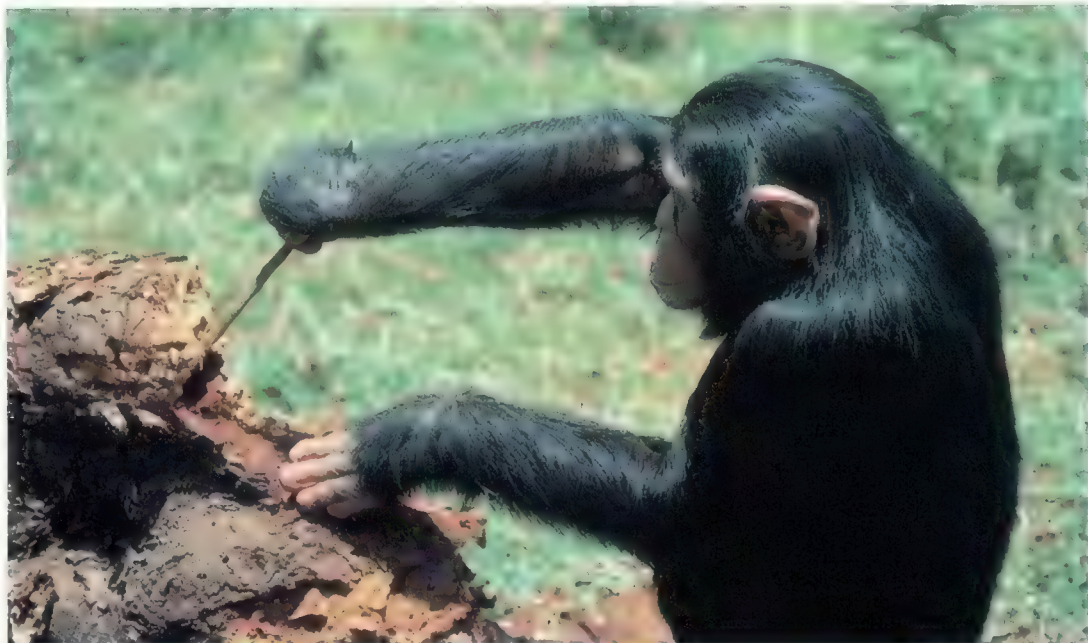
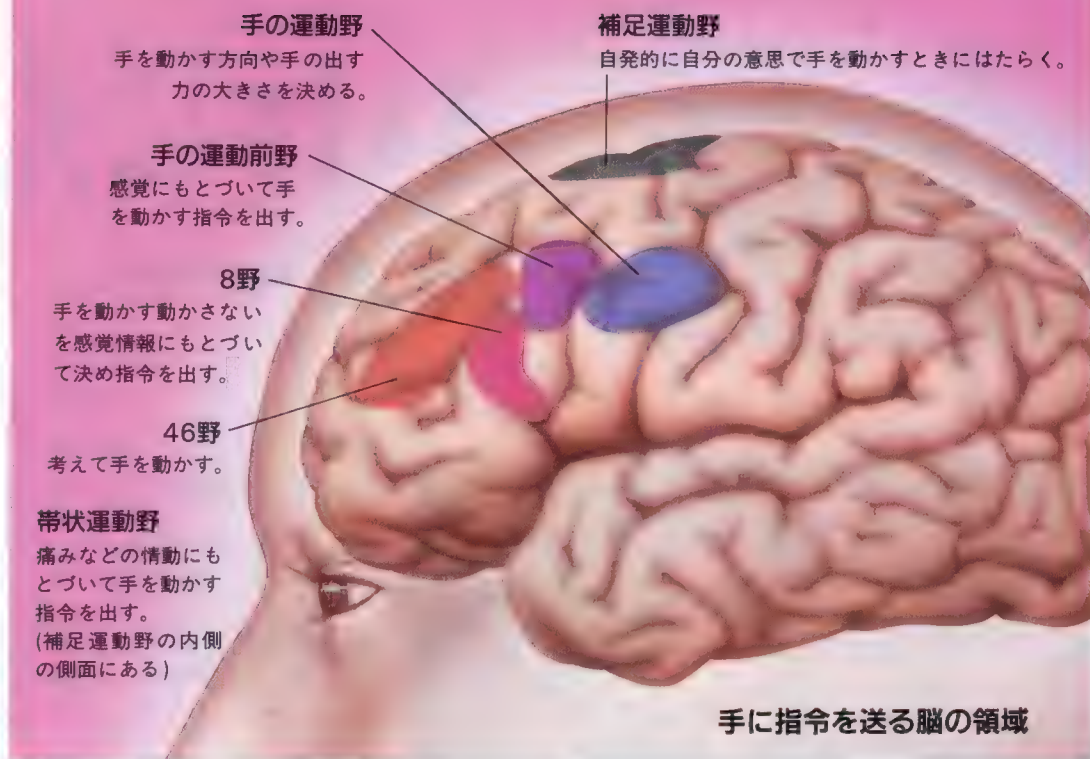
原猿類はこのとき左手を主に使って木登りをした。えさをとるのにも左手を使った。左手で木の実をとったり，昆虫をつかまえたりしたのである。すると当然ながら，右手は左手にくらべて自由になる。そして原猿からニホンザルなどの真猿類，チンパンジーやゴリラなどの類人猿へと進化するにつれて，自由な右手を使って細かい作業をするようになった。すると右手を支配する左脳の発達がおきる。こうして右手と左脳のはたらきがともに活発になって，徐々に利き手が発生したというのである。

この仮説はたいへん魅力(みりょく)的なもので，脳と利き手の進化をうまく説明してくれる。しかしなぜこのとき左手が主に使われて右手が自由になったか，なぜその逆にならなかったかはうまく説明できない。マックネイラージが仮説を発表した時点では，信頼できるデータを記載してある論文が一つ，どうやら信頼してもよさそうなデータの論文が三つあるだけだった。たいへん大胆(だいたん)な仮説の発表だったといえよう。正しいかどうか，これから何年もかかって実証されなければならない仮説なのである。

手と脳のはたらき

手を使うには，手と反対側の脳がはたらいて指令を手の筋肉に送っている。手に指令を出すのは前頭葉(ぜんとうよう)というところである。つまり右手に指令を出すのは左脳の前頭葉で，左手に指令を出すのは右脳の前頭葉である。これは最近のサルの脳と手の研究ではっきりした。1985年以降，脳内の血液の流れが測定できるようになり，

アリ塚に細い棒を差しこみ，アリを釣っているチンパンジー。マックネイラージの仮説によると，ゴリラやチンパンジーなどの類人猿は，右手を使って細かい作業をするようになったという。

手に指令を送る脳の領域

手に指令を出すのは脳の中の前頭葉とよばれる領域である。前頭葉の中でも，手のはたらきに応じて指令を出す領域がちがっている。

人間が手を使ったときにはたらく部位についてもわかりはじめ，サルのデータに合う結果が報告されている。

前頭葉の中でも，手のはたらきに応じて指令を出す領域がちがっている。手を動かす方向や手の出す力の大きさを決めている運動野，目で見たものに手を近づけるように感覚にもとづいて手を動かす指令を出す運動前野，自発的に自分の意思で手を動かすときに必ずはたらいている補足運動野，痛みやそのほか情動にもとづいて手を動かす指令を出す帯状運動野，野球でストライクなら打つがボールは打たないと判断するように，手を動かす動かさないを感覚情報にもとづいて決め指令を出す8野，そして考えて手を動かす46野がある。このように手を動かす脳の領域はわかってきた。

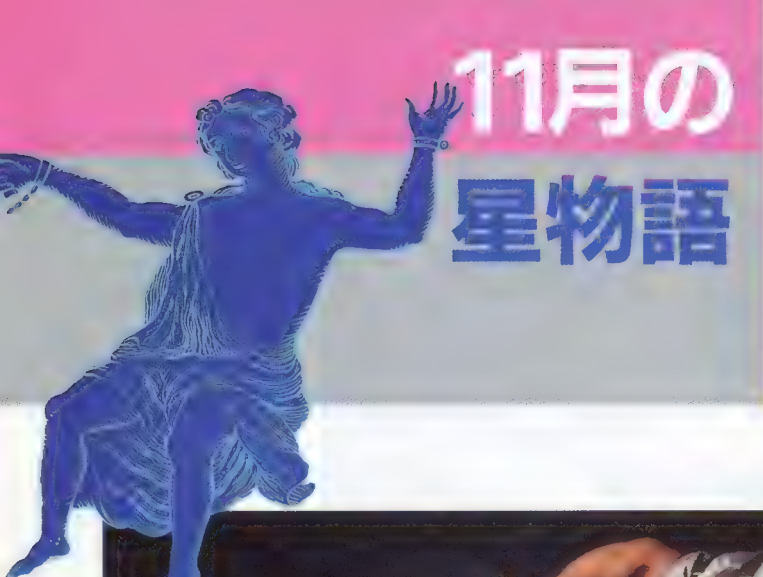
では左右の脳で，はたらきにちがいはあるのだろうか。手の使い方が左右でちがえば，脳もちがってくるはずである。人間では左の脳が言葉を理解してしゃべり，右の脳は外の世界をよく理解する特徴がある。これに対応して左の脳に言語野があり，右の脳には空間理解のための頭頂連合野がある。それぞれの領域は大きく発達しており，左脳が「言語脳」，右脳が「空間脳」といわれるほどである。

脳の形も左右でいびつになっている。左脳はうしろの方が大きく，右脳はてっぺんの方が大きい。このようにはたらきに応じて脳の形もかわり，左右非対称になっている。前頭葉は右が大きく，右の脳のほうが出っぱる傾向がある。

手のはたらきに左右差があるように，脳のはたらきにも左右差がある。それはたがいに関連していそうである。近い将来，その関連が明らかにされることだろう。

利き手は解明できるか？

わずかな割合であるが左利きが存在するのはなぜか。それは遺伝するのか。その脳はどうはたらいているのか。左利きの人がすべて天才になるわけでもないし，左利きの人のほうが早死にするという論文が発表されたこともある。現在の社会は左利きの人に必要以上の負担をかけている。はさみ，電話機，自動販売機など，多くの機器は右利き用につくられている。そのことは脳によい方向にはたらくのだろうか，悪い方向にはたらくのだろうか。

今のところ利き手についてはわからないことだらけである。利き手に興味をもって，脳と利き手の関係を研究する人がもっとあらわれないだろうか。

11月の星物語

いけにえ

原 恵 青山学院大学教授

いけにえの王女アンドロメダに襲いかかった怪獣に，空から立ち向かうペルセウス。

危機一髪の王女を救ったペルセウス

古代ギリシアの昔，アフリカにエチオピアという国があり，ケフェウス王がおさめていた。王妃(おうひ)カシオペヤは美人であり，それをおごることが多かった。あるとき，王妃は海岸を歩きながら「あの海にいるネレウス（妖精(ようせい)）たちよりも，私のほうが美しい」と口にした。

この言葉が，ネレウスの父である海の神ポセイドンの耳に入ってしまった。怒ったポセイドンは，海の怪獣カイトスを使ってエチオピアの海岸を襲わせた。さらに津波をおこして，海岸一帯を水没させた。

困ったケウェウス王は，神にうかがいをたてた。すると，海神の怒りをなだめるには，娘のアンドロメダをいけにえにするしかないと告げられた。両親はおろおろするばかりであったが，アンドロメダはけなげであった。国を救うために，進んでいけにえになりますと申し出た。

こうしてアンドロメダは，海岸の岩に鎖(くさり)でつながれることになった。そこへ通りかかったのが，ギリシアのアルゴスの王子ペルセウスであった。アンドロメダの姿におどろいたペルセウスは事情をたずねた。

「あなたのように美しい方がどうしたのですか，このような姿で……」

の王女，アンドロメダ座

アンドロメダがわけを話しはじめると，沖合いから黒い雲がわき上がり，海鳴りがひびきわたった。そして巨大な怪獣がたちまち近づいてきた。アンドロメダはおそろしさのあまり，思わず目をつぶった。

ペルセウスは雄々しく剣を抜き放った。その姿が海面に映ったのをみて，怪獣はひと飲みにしようと大口を開けた。怪獣のうしろから飛びかかったペルセウスは，すかさず剣を突き立てた。そして，メドゥーサの首を怪獣の目の前に差しだした。そのとたん，怪獣は巨大な岩にかわってしまった。

メドゥーサは地の果てに住む妖怪で，その姿をみた者は石にかわってしまう。ペルセウスはメドゥーサを退治した帰りであった。アンドロメダを助けたペルセウスは，彼女を妻にむかえてギリシアに凱旋した。

この物語に登場する人物や怪獣は，秋から冬にかけての星空に勢ぞろいする。天の北極に近く，エチオピア国王夫妻のケフェウス座とカシオペヤ座が並び，その南にアンドロメダ座が，アンドロメダ座の東にペルセウス座が，さらに南には海の怪獣のくじら座がみられる。アンドロメダ座の西のペガスス座は，ペルセウスがメドゥーサの首を切ったとき，ほとばしる血の中から生まれたという，翼をもった馬である。

アンドロメダ座。アルファ星は頭部にあたる。

アンドロメダ座をさがしてみよう。

アンドロメダ座は今月の宵には天頂にみえている。しかし頭上をあおいでも，この星座をみつけるのはむずかしい。地平線からたどっていくと，わかりやすいだろう。

宵の東の空に向かって立ち，視線をまっすぐ上に上げていく。中天には赤みをおびた明るい星が光っている。おうし座の1等星アルデバランである。その少し上の高度45度あたりに，小さな星の群れが目につく。これがプレアデス星団で，その左上につづく星の列はペルセウス座である。

さらに目を上げていくと，2～3等の星4個が右上がりにかなりの間隔を置いて並んでいる。全長は約30度にわたる。これがアンドロメダ座の主要部である。この星の列のいちばん上がアルファ星で，順にデルタ星，ベータ星，ガンマ星となる。これらの4個の星がアンドロメダの頭と体，左足を形づくっている。

11月中旬午後8時のアンドロメダ座

デルタ星の左右には暗い星の列がつづく。これが岩につながれた両腕で，ベータ星から左上に枝分かれする星の列が右足にあたる。これらの星からアンドロメダの姿をたどっていくには，4等星がはっきりわかるような空の澄んだところを選ぶようにしよう。

アルファ星は「アルフェラッツ」と名づけられている。これはアラビア語の「馬のへそ」に由来し，この星がかつてはペガスス座と共通していたことをあらわしている。アルファ星はペガスス座の星と「ペガススの四辺形」を形づくっている（109ページの星図）。

となりの大銀河 アンドロメダ銀河

アンドロメダ銀河M31。右上のだ円形の点は，M31のまわりをまわる伴銀河NGC205。M31の左下に重なった円は伴銀河M32。

アンドロメダ座のベータ星から左上（北東）にのびる星の列をたどっていこう。3番目の星はニュー星で，その上をよくみると，ぼんやりとした雲のようなものがみえる。これがアンドロメダ大星雲として知られる「アンドロメダ銀河」である。

アンドロメダ銀河の全体の明るさは約5等なので，空の暗いところでないと肉眼でみつけるのはむずかしいかもしれない。双眼鏡では，だ円形の形と長径が満月の直径の6倍もあることがわかる。

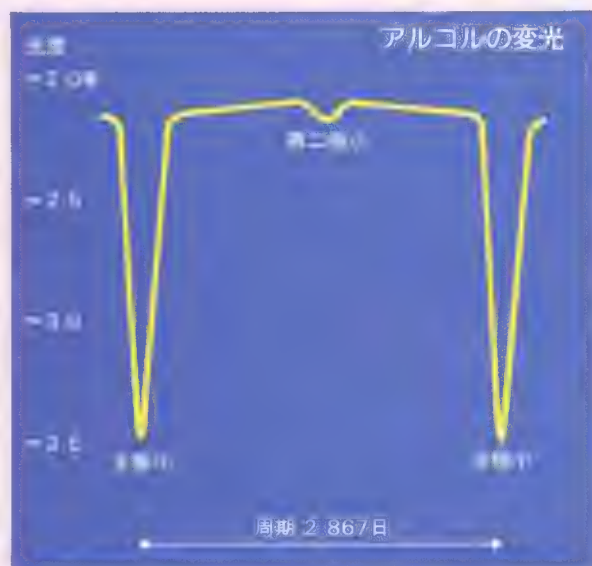
アンドロメダ銀河にはM31というメシエ番号がついている。これは18世紀後半に星雲のようにみえる天体につけられたもので，当時はアンドロメダ大星雲がどのような天体かわからなかった。無数の星の大集団であることが明らかにされたのは，今世紀に入ってからである。

アンドロメダ銀河は太陽系から約230万光年はなれている。太陽系もまた，「銀河系」とよばれる星の大集団に属している。その中にいるわれわれには銀河系の姿はみえない。外からみれば，アンドロメダ銀河と同じような巨大な渦巻(うずまき)銀河としてみえることだろう。

アンドロメダ銀河の全体の形は円盤状だが，われわれは斜め横方向からみているので，だ円形になっている。銀河円盤の直径は約20万光年，銀河系の約2倍の大きさをもっている。その中心部からは渦巻き状の腕が2本のびている。この腕に沿って若い星が集まり，また星が次々に生まれている。

アンドロメダ銀河は二つの小さな銀河（伴(ばん)銀河）をともなっている。銀河系とこれらの銀河を含む数十個の銀河は，「局部銀河群」という銀河集団をつくっている。

悪魔の星アルゴルの変光

アンドロメダをくじら座の怪獣から救ったペルセウスは，左手に妖怪メドゥーサの首を持っている。メドゥーサの目のところに輝く星は，ベータ星のアルゴルである。その名は，アラビア語のラス・アル・グール（悪魔(あくま)の首）に由来する。アルゴルは周期的に明るさを変化させる不思議な星である。

アルゴルの変光に最初に気づいたのは，17世紀のイタリアの天文学者モンタナーリであった。1782年，イギリスのアマチュア天文家グッドリックは，アルゴルの変光をくわしく調べ，その周期が2日20時間49分であることを突き止めた。彼は，明るい星のまわりを暗い星がまわっており，日食のように暗い星が明るい星の光をさえぎるために減光するのではないかと予言した。それから100年余りのち，アルゴルが二つの星からなる連星であることが確認された。

アルゴルの平常の光度は2.2等である。今月9日午後10時4分と27日午前2時58分，29日午後11時47分にアルゴルは極小光度になる。極小光度になる時刻の約5時間前から急激に暗くなり，3.5等まで下がるとふたたび増光し，5時間後にもとの光度にもどる。変光のようすは，ペルセウス座のアルファ星，エプシロン星，ゼータ星，オミクロン星などとくらべて観察するとよいだろう。

月の満ち欠け（午後8時の位置）

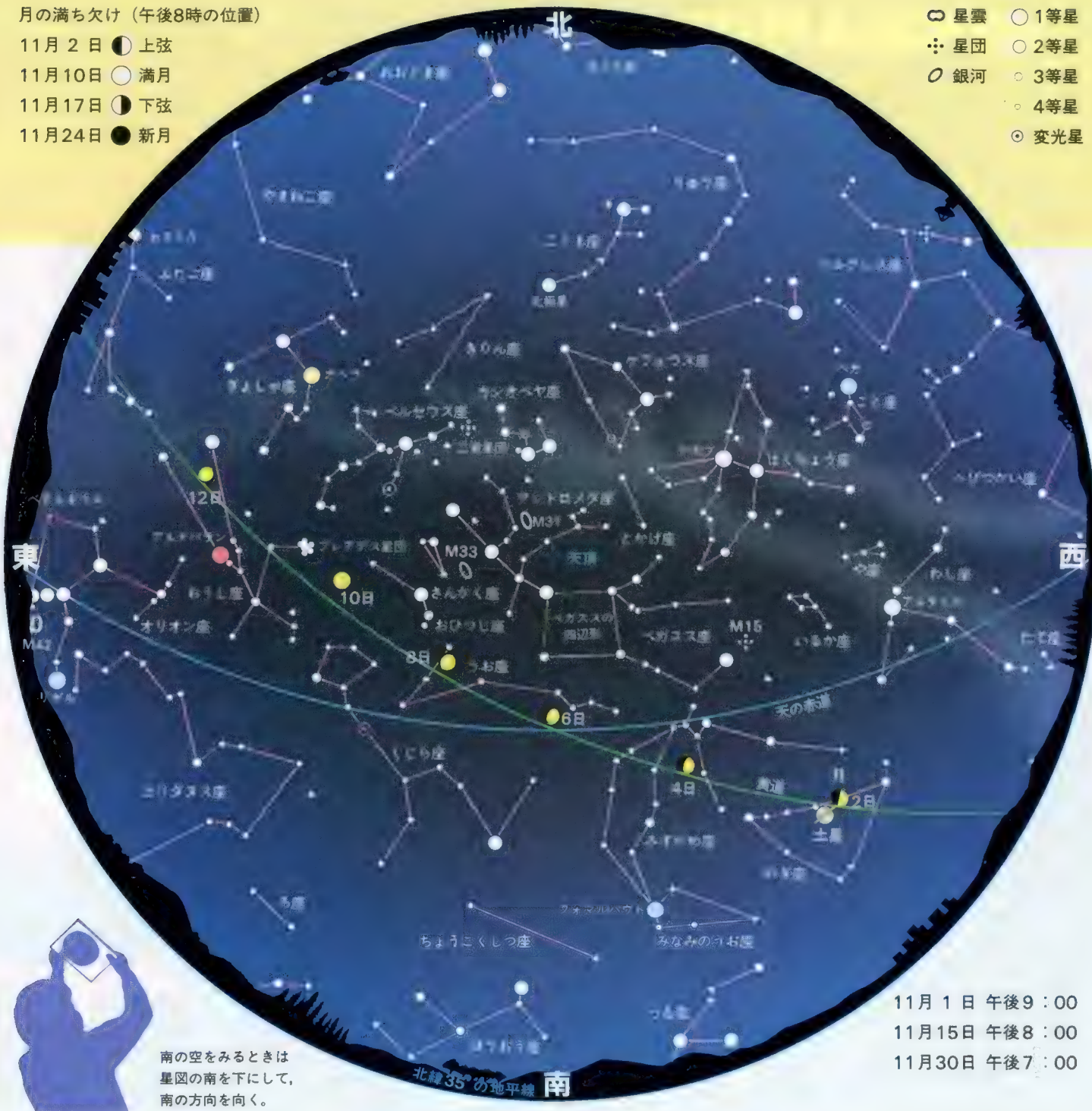
11月 2 日 ◐ 上弦
11月10日 ○ 満月
11月17日 ◑ 下弦
11月24日 ● 新月

星雲　星団　銀河

○1等星　○2等星　○3等星　○4等星　⊙変光星

北　東　西　南

北緯35°の地平線

11月 1 日 午後9：00
11月15日 午後8：00
11月30日 午後7：00

南の空をみるときは
星図の南を下にして，
南の方向を向く。

11 月 の 星 ご よ み

7日 **立冬**（りっとう）。秋から冬への季節のかわりめ。秋分（しゅうぶん）と冬至（とうじ）の中間にあたる。

17日 **しし座流星群**の出現が極大になる。しし座は夜明け前の南の空に昇っている。

22日 **小雪**（しょうせつ）。雪の季節がはじまるころ。月末から12月はじめにかけて，水星が日の出前の東天にみえる。

29日 **日没時刻**が，29日から12月はじめにかけて一年中で最も早くなる。東京では午後4時28分。

30日 **土星**が月の南に並んでみえる。土星はしだいに西の地平線に近づき，日没後にはみえなくなる。

GEOGRAPHIC
ギリシア

キプロス

とトルコの間でゆれる島国

銅に恵まれていたこともあって，地中海の東端にあるキプロスは紀元前から地中海貿易の中心の一つだった。キプロスの北西側にはギリシアがあり，そうしたことから島内にはギリシア文明の影響を受けた遺跡が数多く残っている。ギリシア神話の美の女神アフロディテが生まれた島でもある。20世紀中期に入るまでキプロスはギリシア，トルコなど地中海沿岸諸国から支配されつづけた。ギリシア正教徒とイスラム教徒の戦いによるものが多く，とくに12世紀末，第三次十字軍が征服してからは圧倒的にギリシア正教徒がキプロスを支配するようになった。

竹内 均

夕日を背にしたキレニアの町に残るビザンチン帝国時代の灯台跡。キレニアは馬蹄形をした港町で観光・保養地として知られている。

キプロスの首都ニコシアの町の風景。中央にみえるのが聖ソフィア大聖堂である。以前はギリシア正教の大主教座だったが，今はモスクになっている。

キレニアの西南にある聖ヒラリオンの砦，岩山の中にあり，今は廃虚となっている。この砦の東にはブッファベントの城塞がある。

キプロス島の近くの重力は，地球のほかの部分にくらべて大きい。

キプロス（英名サイプラス）島は東地中海にあり，シリアおよびレバノンと向かい合っている。首都はニコシアで，面積および人口はそれぞれ9300平方キロメートルおよび69万人である。キプロスはかつてレバノンにいたフェニキア人が名づけたもので，「木の島」あるいは「草の島」という意味である。典型的な地中海性気候であり，降雨は10月から翌年3月までの冬に多い。年平均気温は約20度Cで，年間降水量は平野で300～400ミリメートル，山地では1200ミリメートルに達する。このように恵まれた気候のために，国土の20％近くがマツ，スギ，イトスギ，プラタナスなどの森林でおおわれている。キプロスという名はここからきたのである。島の北にはキレニア山脈，南にはトロードス山脈が東西に走る。その中間に首都ニコシアのあるメサオリア平野が広がる。南北の山脈の高さは約1000メートルで，島の最高峰はトロードス山脈中のトロードス山（オリンポス山，1952メートル）である。

島の北を走るキレニア山脈は今から約1億年前以後のアルプス造山運動によってできた山であり，花崗(かこう)岩に似た岩石からできている。これに対するトロードス山脈の岩石は玄武(げんぶ)岩およびかんらん岩であり，それらは花崗岩よりも重くて密度が大きい岩石である。このように重い岩石からできているために，キプロス島の近くの重力（地球の引力）は地球のほかの部分にくらべて大きい。これを「プラスの重力異常」とよんでいる。プラスの重力異常の場所は普通沈降(ちんこう)する。この常識に反してキプロス島は隆起(りゅうき)しており，今から約1億年前から現在までに少なくとも3キロメートル隆起した。沈降すべき部分がなぜ隆起するのかというこのなぞがとかれたのは最近になってからである。それを理解するには大陸移動を考える必要がある。

地球表面には地殻とよばれる薄皮がある。その下が地球の実質部分であるマントルである。大陸地殻の厚さは30キロメートル前後であり，その上部および下部はそれぞれ花崗岩および玄武岩からできている。これに対する海洋地殻の厚さは約5キロメートルであり，玄武岩からできている。マントルをつくる岩石はかんらん岩である。すなわち大陸地殻，海洋地殻，マントルをつくる岩石は，あとのものほどその密度が大きくなっている。

大西洋の東側にあるヨーロッパおよびアフリカ大陸はともに東へ向けて移動した。より細かくみると，ヨーロッパ大陸に対してアフリカ大陸が北へ向けて移動した。時の流れを逆にたどると，かつての地中海は現在よりも広かったことになる。この広かったかつての地中海を，地質学者は「テチス海」とよんでいる。北上するアフリカ大陸の先端はテチス海の下へもぐりこんだ。もぐりこんだ大陸地殻は浮きぶくろのはたらきをし，その上にある重いテチス海の海洋地殻とその下のマントルとを持ち上げた。こうしてできたのがキプロス島である。すなわちキプロス島は重い海洋地殻とその下のマントルからできている。浸食(しんしょく)によって海洋地殻がけずられた場所には，その下のマントルがむきだしになる。キプロス島のトロードス山脈中にみられるかんらん岩がそれである。

海底が隆起してできたトロードス山脈には，海底にしかみられない枕(まくら)状溶岩やシート状岩脈がみられる。海底で噴出した溶岩が海水によって冷やされて枕の形になったのが枕状溶岩である。トロードス山脈をつくったマグマは銅に富んでいた。銅の英語名copperはキプロスからきている。昔の人たちは最初は銅のかたまりを地面から取りだした。少しあとになると，彼らは銅の精錬をした。古代人は地質学についてのおどろくべき知識をもっていた。キプロスにある銅の鉱山の中で，古代人が手をつけなかったものは一つもない。かつて奴隷(どれい)たちが銅の鉱石を取りだした550メートルの深さのトンネルがキプロス島に残っている。3000年間に約20万トンの金属銅がキプロスでつくられたと見積もられている。この精錬に必要な木炭の量はキプロス島の面積の15倍の面積の森林に相当する。それでもキプロス島がはだかにならなかったのは，トロードス山脈に降る雪が川となり，水と土をもたらしたために，はだかになっていく一方から森林が急速によみがえったからである。

紀元前800年ごろからフェニキア人のキプロス侵入がはじまった。

銅に恵まれていたこともあって，紀元前1600年ごろから，キプロスは地中海貿易の一つの中心であった。紀元前1400年ごろからはミケーネの商人，それにつづいてアカイア人がやってきて，キプロス島にギリシア文化とギリシア語をもたらした。ミケーネ人をにない手とするミケーネ文明は紀元前約1650年から約500年間ギリシア本土のミケーネ，ティリンス，ピーロスなどを中心にして栄えた文明であり，紀元前約3000年から前1200年へかけてクレタ島を中心にして栄えたミノア（クレタ）文明の影響を強く受けている。ミノア文明を滅ぼしたのは彼らであるとされている。紀元前800年ごろのギリシアの詩人ホメロス（生没年不詳）は，トロイへ遠征したギリシア人をアカイア人と総

称している。そのトロイ戦争が戦われたのは紀元前1200年ごろのことである。ホメロスの詩に出てくるアカイア人の居住地が紀元前14～前13世紀のミケーネ文明の栄えた範囲と一致することから，ミケーネ文明のにない手がアカイア人であったとする人もいる。アカイア人やミケーネ人は鉄器を知っていた。このためにそれを知らなかったクレタ人やトロイ人が彼らに圧倒されたのである。キプロス島に鉄器時代をもたらしたのもまた彼らである。

紀元前800年ごろから現在のレバノンに住んでいたフェニキア人のキプロスへの侵入がはじまった。フェニキアの海港チルス（現在のティール）の人たちが主にやってきた。このころからシリア，パレスチナ，エジプト，小アジア(現在のトルコ)，ギリシアとの交易が本格的になった。その後紀元前700年ごろから次々にアッシリア，エジプト，ペルシアがキプロスへ侵入し，紀元前333年にアレクサンドロス大王（紀元前356～前323）がイッソスの戦いでペルシアを破ってからは，キプロスは彼の支配下に入った。

アレクサンドロス大王の死後キプロスは，エジプトさらにはローマによって支配され，395年にローマ帝国が東西に分裂したあとは，東ローマ帝国すなわちビザンチン帝国によって支配された。この間の650年ごろからイスラムの侵入がはじまったけれども，ビザンチン帝国はそれをしりぞけた。

12世紀末にはイギリス十字軍をひきいたリチャード1世（1157～1199）がキプロスを占領し，やがてこれを神殿騎士団さらにはエルサレムを追われたエルサレム王国にあたえた。エルサレム王国は十字軍の王国であり，フランス系の人の勢力が強かった。エルサレム王国が滅び，キリスト教徒がシリアの港を失ってからは，地中海諸国の商人たちがキプロスに駐在(ちゅうざい)するようになった。1400年ごろからはイタリアの都市ジェノバが，1570年ごろからはオスマントルコがキプロスを支配した。1877年から78年へかけてロシアと戦って敗れたトルコはイギリスに援助を求めた。それと引き換えにイギリスはキプロスの行政権を手に入れ，第一次世界大戦でトルコがドイツ側に立って参戦した1914年にキプロス併合を宣言し，25年にこれを植民地とした。キプ

キプロスの南東にあるラルナカ。遠くにモスクの特徴である尖塔(せんとう)がみえる。ラルナカは地中海東部の国々と海路で結ばれている。

ロスが独立してキプロス共和国となったのは第二次世界大戦後の1960年のことである。

イスラム教とギリシア正教の戦いの末キプロスに十字軍王朝がつづいた。

キプロス島に関係した十字軍は1189年から92年へかけての第三次十字軍であり，それをひきいたのが「獅子心王(ししじんおう)」とよばれたイギリスのリチャード1世，フランス王フィリップ2世（1165～1223）および神聖ローマ帝国皇帝フリードリヒ1世（赤髭王(あかひげおう)，1123ごろ～1190）であった。これより一つ前の十字軍は1147年から48年へかけての第二次十字軍であった。この第二次十字軍以後に，エジプトのサラディン（本名サラーフ・アッディン，1138～1193）が1171年にエジプトに新たな王朝をおこし，エジプト，シリア，北イラクを合わせて十字軍に対する包囲体制をつくり，87年にはエルサレムを占領した。第三次十字軍はこれに対しておこされた十字軍である。

しかし第三次十字軍をひきいる王のうちのフリードリヒは途中で溺死(できし)し，その軍隊は解散した。またリチャードがフランスに近い領地をもっていたために，フィリップとの間がしっくりとはいかなかった。しかし彼らは1191年にはイスラエル北部の港町アッコン（『旧約聖書』ではアッコ，『新約聖書』ではプトレマイス）に着いた。これより前にリャードはキプロス島に立ち寄ってこれを征服している。イスラムにエルサレムを奪われたエルサレム王ギイ・リュジニャン（在位1186～1192）は1189年以来このアッコンを包囲していた。リチャードとフィリップはこのギイと力を合わせ，ついにアッコンを手に入れた。ここでフィリップは帰国したけれども，リチャードはとどまってアッコンの南にあるハイファ，カエサレア，アルスフ，ヤッファの港を占領し，92年にサラディンとの間で和議を結んだ。こうしてリチャードはエルサレムの王国にさらに1世紀の命をあ

この波の白い泡から美の女神アフロディテが
生まれた。パフォスの地質は石灰岩が多く，
その白さが美しさを引き立てている。

ファマグスタに残るキリスト教寺院。かつては365もあったキリスト教寺院も今ではわずか15に減っている。『オセロ』の舞台になった。

たえた。92年に廃位されたギイにリチャードはキプロス島をゆずった。こうしてキプロス島でつくられた十字軍王朝は，1489年にベネチア人に吸収されるまでつづいた。

サラディンは1193年にダマスカスで亡くなった。サラディンは戦略家・武人として知られただけでなく，その博愛および公平によって十字軍をはじめとするヨーロッパ人にも多大の感銘をあたえた。彼はヨーロッパの文芸作品にもしばしば登場する。

これに対するリチャードは武人としてはサラディンにまさっていたけれども，政治家としての才能や人間愛には欠けているところがあったといわれる。リチャードはベネチアからは陸路帰国した。その途中ウィーンの近くでとらえられ，神聖ローマ皇帝ハインリヒ6世（1165～1197）に引き渡された。各地域を転々とし，多額の身代金を払って帰国した。その1か月後にはフランスのノルマンディーへ出かけ，彼の領地を荒らしていたフィリップ2世と戦った。その後の戦いで重傷を負って亡くなっている。

キプロス島と深く関係している騎士修道会は十字軍遠征をきっかけとして，11世紀末以来つくられたものである。聖地へ巡礼する人々への施療，保護，防衛などを目的として生まれた会である。1050年ごろにつくられた聖ヨハネ騎士修道会(ロドス騎士団，マルタ騎士団)，1118年ごろにつくられた神殿（ソロモン聖殿）騎士修道会，98年ごろにつくられたドイツ騎士修道会（チュートン騎士団）は3大騎士修道会とよばれる。

ニコシアや周囲の町には，今も十字軍に関係したものが多く残っている。

キプロスの首都ニコシアは東西に走るキレニア山脈とトロードス山脈の間のメサオリア平野の中にある。ペディエアス川にのぞみ，紀元前7世紀にはすでにここに王国が存在した。4世紀には主教座が置かれ，10世紀ごろからはキ

トロードス山脈中にあるマカイラス修道院。周囲はマツやスギなどの緑に囲まれている。トロードス山脈は東西になだらかに広がっている。

プロスにおける政治の中心となった。ただし主教座は文字どおり大聖堂内に置かれる主教のための椅子である。その後ニコシアではビザンチン，エルサレム王国（フランス系のリュジニアン家），ベネチア，トルコ，イギリスといったぐあいに支配者がめまぐるしく交代した。その歴史を物語るものの一つが聖ソフィア大聖堂である。1325年に完成したキリスト教の聖堂が，侵入してきたイスラムによって1571年にモスク（イスラム教寺院）にかえられ，その名もセリミエモスクとあらためられた。セリミエはキプロスを征服したスルタンの名である。15世紀から16世紀へかけてのベネチア時代につくられた周囲約5キロメートルの城壁の中が旧市街であり，そこには聖ニコラス聖堂やトルコ総督館(そうとく)などが残っている。

ニコシアの北40キロメートルの海岸に港町キレニアがある。このあたりはヨーロッパのキリスト教の最前線基地であった。1192年以来約3世紀にわたってエルサレム王国(フランス系)の17人の王が支配したあとには聖ヨハネ騎士団と神殿騎士団が支配した。彼らは最初キプロス南岸のリマソルとコロッスイを占領し，そこから北岸へ向けて進出した。彼らはキプロスでブドウを栽培し，「騎士団領(コマンドリー)」にちなんで自分たちのつくったワインを「コマンダリア」とよんだ。これは今でもキプロス産ワインのよび名として使われている。

彼らはまたサトウキビやアカネを栽培し，農作物をヨーロッパへ輸出した。「イチジク食い」とよばれる小鳥の酢漬(すづ)け料理は彼らの得意とするところであった。その影響が今も残っていて，ニコシアからキレニアへかけての田園地帯にはオレンジやレモンの畑がつづいている。

キレニアは海岸の保養地として有名であり，港には漁船やレジャー用の船がひしめいている。エルサレム王国が築いた堅固な城や14世紀に建てられたゴシック風の大聖堂が残っている。キレニアの近くにつくられた聖ヒラリオンお

よびブッファベントの砦は今は廃墟となっている。

キプロス島の東海岸にあるファマグスタは首都ニコシアから55キロメートルの距離にあるけれども，その外港といってよい。十字軍時代に繁栄し，また1291年にエルサレムがイスラムに奪われてからは，そこからの多くの移住者があった。ここにある城壁はシェークスピアの4大悲劇の一つである『オセロ』の舞台である。それはキプロスがベネチアの支配下にあったころの話である。ベネチアに雇われたムーア人（アフリカ系のイスラム）の将軍オセロは心のひねくれた旗手イァーゴの陰謀に乗せられ，貞淑な妻デスデモーナと副官キャシオとの仲を疑い，嫉妬に狂って彼女を窒息死させた。

ファマグスタの近くのエンゴミでは，紀元前17世紀のものとされる「キプロス・ミノア文字」の文書がみつかっている。それはまだ解読されていない。ここにはまた銅細工をした工房の跡がみつかっている。エンゴミの近くにはサラミスの廃虚がある。これはギリシアのサラミス島にちなんで名づけられたものである。サラミス島の王がトロイ戦争の帰りにここへ立ち寄ったというのである。その伝説にふさわしく，ここには王家の地下墓地，ビザンチン式のモザイクをもった礼拝堂，2万人を収容できる劇場，体育場，共同浴場などが残っている。

パフォスの地中海の白い泡から美の女神アフロディテが生まれた。

キプロス島南岸のリマソルはニコシアに次ぐキプロスで2番目に大きい町である。イギリスのリチャード獅子心王や聖ヨハネ騎士団がここから上陸してキプロスを支配した。リチャード獅子心王はここでベレンガリアを王妃としてむかえている。騎士団が去ったあとのリマソルへはベネチア，トルコ，イギリス人が次々にやってきて，その交代のたびごとに流血さわぎがあった。19世紀末にイギリス人がやってきてはじめてリマソルの町が再建された。今ではイスラエルのハイファ，トルコのイスタンブール，ギリシアのアテネなどの地中海沿岸の都市と定期便で結ばれ，観光地となっている。リマソルの北東約30キロメートルにあるキロキティアでは発掘された墓の中から今から約8000年前の人骨がみつかっている。ギリシア人が地中海にあらわれる以前にヨーロッパからキプロスへやってきた人の骨とされている。リマソルの西にあるコロッスイには聖ヨハネ騎士団がつくった砦の跡が残っている。

キプロスはアフロディテ（ビーナス）の島である。キプロスの西南にあるパフォスの青い地中海の白い泡の中から

キプロスの文化の一つにフレスコ画がある。ギリシア正教の内容をあらわすものが多い。これは聖ソフィア大聖堂にあるものの一つである。

彼女は生まれた。アフロディテはキプロスで金のリンゴをつんだとされる。アフロディテはシリアで美少年アドニスと恋におちいり，これを嫉妬した軍神アレスはアドニスを殺した。その血が流れてバラの花となった。涙に暮れたアフロディテはそのバラをシリアからキプロスへ運んだ。今でもキプロスに咲き誇る香りの高いバラがそのなごりであるという。

パフォスではフランスの天才詩人アルチュール・ランボー(1854～1891)がつかの間の時をすごしている。建築請負業者の下で石工となった彼が建てた家が今も残っている。ランボーはベルレーヌ（1844～1896）とともにイギリスとベルギーを放浪し，感情のもつれから73年にベルレーヌによって狙撃された。その後ロンドンとシュトゥットガルトを経てキプロス島へやってきた彼は，さらにエチオピアへ渡り，病を得て帰国しマルセイユで足を切断したあとの病状が悪化して亡くなった。パフォスの町はフェニキア人によってつくられ，その位置は現在よりも約15キロメートル東にあった。しかしたびたび地震に見舞われたために紀元前1200年ごろに現在地へ移された。その後エジプトおよびローマによって支配され，960年にはサラセン人によって破壊された。ローマ時代の円形劇場，城壁および波止場などの一部が残っている。

キプロスの特産であるオリーブの実を拾っている風景。キプロスの主な産業は農業であり，オリーブも重要な輸出品目の一つである。

ギリシアとの統合を求めるエノシス運動がトルコとの対立をさらに激化させた。

キプロス島の主な産業は農業であり，コムギ，オオムギ，ジャガイモ，ブドウ，オリーブ，オレンジなどが栽培され，牧畜もさかんである。古くから鉱業が有名で，銅，鉄，クロム，石綿（いしわた）などが輸出されている。遺跡が多く全島に道路網が完備しており，観光にも力を入れている。住民の約80％がギリシア系，20％がトルコ系である。公用語はギリシア語およびトルコ語で，宗教はギリシア正教およびイスラム教である。

というわけでキプロス島でのギリシアとトルコとの対立ははげしく，現在に至るまで尾をひいている。19世紀末にイギリスの支配がはじまったころから，ギリシア系住民の間にエノシスすなわちギリシアとの統合を求める要求がおこり，大きい動きとなっていった。第二次世界大戦後にこの運動が再燃し，人々におされてキプロス教会のマカリオス大主教（のちのマカリオス3世）がその運動の指導者となった。エノシス運動の過激派がイギリスに対するゲリラ活動をはじめた。イギリス総督とマカリオス3世（1913～1977）との間に開かれた交渉が決裂し，1956年にはマカリオスとキレニアの主教がとらえられてセーシェル諸島へ流された。マカリオスの釈放と引き換えにゲリラ活動をやめるという過激派の提案が57年にイギリスによって受諾され，マカリオスはキプロス以外ならどこへでも行ける自由の身になった。57年末にはファジル・キュチュク（1906～　）にひきいられたトルコ系住民が立ち上がり，キプロスの分割を要求しはじめた。59年にはマカリオスの提案にギリシア，トルコさらにはイギリスが賛成し，イギリスの主権を二つの軍事基地に限ることで，キプロスの独立が承認された。マカリオスとキュチュクがそれぞれ正および副大統領に選ばれ，60年にキプロス共和国が誕生した。61年にキプロスはイギリス連邦の一員となった。

63年にキプロスのギリシア系住民とトルコ系住民との間に内戦がおこり，それにギリシアとトルコが介入したために事態が複雑となった。これを憂慮（ゆうりょ）した国連安全保障理事会は，64年にキプロスの同意を得たうえでキプロスへ国連平和維持軍約6000人を派遣した。内乱はおさまったけれども，その後も争いがつづいている。キプロスは事実上南部のギリシア系と北部のトルコ系の二つに分かれ，経済的にも大きい打撃を受けた。この内戦以来ギリシア系の地方に商業や観光資本が流れこみ，中東向けの農業輸出がふえた。このためにトルコ系との生活水準に大きな差を生じた。キプロスでのギリシア・トルコ問題が落ち着くのはまだ少し先のことであろう。

武藤 清

関東大地震による惨状を目にした武藤は，耐震建築の研究に精力を注ぎ，地震や建物の固有周期に目をつけた。その研究によって，日本に固有な土地問題を解決し，地震や台風にも強い超高層ビルの建設が可能になった。

もり いずみ

超高層ビル建築の基礎を築いた

東京や大阪などの日本の大都市で，地上 100 メートル以上にそそり立ち，しかも地震などに強い超高層ビルが続々と建てられている。しかし日本では，昭和 38 年（1963）7 月まで，建物の高さは 31 メートル (100 尺) に制限されていた。その法律が改正された 2 年後の昭和 40 年 8 月に，わが国で最初の超高層ビルである霞が関ビルの建設がはじめられている。それは三井不動産が計画し，鹿島建設が建てたビルである。この霞が関ビルの建設に深く関係し，わが国の超高層ビル建築の基礎を築いたのが武藤清である。

武藤は霞が関ビルの建設に深くかかわった。

武藤は明治 36 年 (1903) に現在の茨城県取手市で生まれた。彼がまだ 20 歳で，東京帝国大学工学部建築学科の学生だった大正 12 年（1923）9 月 1 日に関東大地震がおきた。家屋の全半壊約 25 万戸，焼失家屋約 45 万戸，行方不明を入れた死者約 14 万人，物的損害の総額約 50 億円（当時の国家予算は約 15 億円)という大きい被害をもたらした大地震であった。このとき廃虚となった東京の惨状に大きなショックを受け，武藤は耐震建築の研究を自分のライフワークにしようと決心した。大学に残って教授となり，研究と教育をつづけている間に第二次世界大戦がおき，東京はふたたび焦土と化した。

終戦とともにどっと入ってきた情報によって，武藤は戦争中のアメリカで耐震建築の研究が飛躍的に進歩したことを知った。強震計の開発とコンピューターの実用化である。地震の際の地面や建物のゆれを記録する装置が地震計である。しかしこれまでの地震計では，たとえば関東大地震のような大地震の際には，地震計の針が「振り切れて」しまい，ものの役に立つ記録がとれなかった。そういう心配のない地震計が強震計である。

こうして得られた記録をコンピューターで処理すると，次々にやってくる地震波の周期と振幅が速いスピードで正確に分析される。耐震建築の設計にはこの二つを欠くことができないと考えた武藤は，その研究に没頭した。

研究している間に，地震や建物の固有周期の実態がはっきりとしてきた。地面の固有周期は，かたい地盤では短く，やわらかい地盤では長い。たとえば東京の山の手の地盤はかたく，その周期は約 0.3 秒である。一方，下町の地盤はやわらかく，その周期は 0.7～1 秒である。大ざっぱにいって，建物の階数に 0.1 秒を掛けたものがその建物の固有周期に等しいこともわかった。8 階建ての丸の内にある丸ビルおよび 36 階建ての霞が関ビルの固有周期は，それぞれ約 0.7 秒および 4 秒である。

このようにある周期をもった地盤の上に，これまたある周期をもった建物を建てる場合には，両者の固有周期がずれるようにしなければいけない。そうしないと建物が地盤に共鳴あるいは共振して大きくゆれ，それが破壊の原因となるからである。これは関東大地震の際の経験ともよく合っていた。関東大地震のときに，谷中の五重塔の建っている地盤は 0.3 秒の周期でゆれた。一方，五重塔そのものの固

武藤 清（1903～1989）

有周期は約4秒である。このように両者の固有周期がずれていたからこそ，この五重塔が関東大地震に耐えて生き残ったのであった。

ゆれ対策には柔構造とスリット壁を使う

日本には五重塔のようなたけの高い木造建築物があり，しかもそれらは地震に対して強い。よく観察してみると，地震のときなどには，五重塔はゆらゆらとゆれる。それで危なそうにみえるけれども，実はゆらゆらとゆれるからこそ安全なのである。「柳に雪折れ無し」ということわざに出てくるヤナギのように，五重塔はしなやかに曲がるけれどもなかなか折れない。こういった構造を「柔構造」とよんでいる。

五重塔のような柔構造の木造建築では，家の重さを柱と梁（横柱）で支えている。このように柱や梁を複雑に組み合わせてつくった建築物を「軸組構造」「架構構造」あるいは「ラーメン構造」とよんでいる。これに対して西洋の建物は，石やれんがや土の壁でもって重さを支える剛構造である。日本では柔構造でラーメン構造の超高層ビルをつくるのがよいのではなかろうか。そうすることによって日本に固有の土地問題を解決し，また地震に対して強いビルをつくることができる。武藤はこのように考えた。

しかしまったくの柔構造にすると，地震などの際のゆれがあまりにも大きくなり，ビルの中にいる人たちを不安にする。そうならないように彼はビルの中心部を占める核のまわりを耐力壁あるいは耐震壁で囲むことにした。その核の部分にはエレベーター，階段，給湯室，トイレ，煙突などをおさめる。耐力壁としては，コンクリート壁に縦にスリット（割れ目）を入れ，そこに石綿の板をはさみこんだ「スリット壁」を考案した。こういった構造のビルの各階が地震の際にどのようにゆれるかを，武藤はコンピューターを使って計算した。その結果地震に対しては柔構造のビルのほうがより安全であることが確かめられた。

耐力壁を除いては，柔構造の超高層ビルの壁は重さを支えていない。これを逆にいえば，各階の壁にあたる部分にあるアルミニウムやステンレスなどの金属枠や壁やガラスは，各階の上の部分からつるした形の構造にしてある。カーテンのようにつるした壁という意味で，この構造を「カーテンウォール」とよんでいる。

日本において地震とともにこわいのは台風である。たとえば昭和9年（1934）9月21日の室戸台風のときには，室戸岬で瞬間風速60メートル以上を記録している。超高層ビルを台風に対して強いものにするには，より強い窓ガラスをつくる必要がある。窓ガラスはそれに固有な固有周期をもっており，台風にも「風の息」とよばれる周期がある。この二つの固有周期が共鳴しないように，窓ガラスを設計しなければならない。このような設計用のデータをとるために，東京タワーの展望台に強震計とともに風速計を置き，台風の観測をするといった研究がなされた。

霞が関ビルは柔構造のラーメン構造でつくられた。

超高層ビル建築のためにH型鋼が選ばれた

昭和38年（1963）に東京大学を定年退職した武藤は，鹿島建設の副社長となって超高層ビルの研究に打ちこんだ。大学をやめる数年前に，当時の国鉄総裁だった十河信二（1884～1981）から東京駅を24階建てに改築したいのでその安全性を検討してくれという依頼があった。この計画はだめになったけれども，こういった空気がもり上がってきたことで，武藤はたいへん元気づけられた。このころからすでに霞が関ビルの建設が計画されており，彼の研究に力がこもった。地震や台風をしなやかに受け止めるには，その柱や梁に使う鉄骨はできるだけ軽くて強いものが望ましい。そのような鉄骨の形として，断面が英語の大文字のHの形をした大型のH型鋼が開発された。H型鋼ではこれをつなぐときに使うボルト（一種のねじ）の数が少なくてすむ。また二つのH型鋼を溶接した梁をつくると，それはハニカム

武藤構造力学研究所内での武藤

（ミツバチの巣）の形をした穴開き梁となる。このような穴開き梁は上からかかってくる力に対して強く，また穴の中に空気調節用のパイプや電線を通すことができる。こういった理由によってH型鋼が選びだされたのである。

超高層ビルを火事に対して強いものにするくふうもなされた。天井，壁，床には燃える材料や薬で中毒をおこすガスを出す材料をいっさい使わない。煙や温度のセンサーを設備し，危険を感知した場合にはただちにブザーが鳴り，天井から水をまくスプリンクラーが自動的にはたらくようにする。水道管から水が出ない場合にそなえて，ビル内の水槽に多量の水を用意する。ビルの中央の核の部分に避難用の階段室をつくる。この階段室を利用すれば，人々は煙に巻かれることなくビルの外へ逃げだすことができる。こういったくふうである。

超高層建築の夜明けとなった霞が関ビル

わが国で最初の超高層ビルである霞が関ビルの基礎工事は，昭和40年（1965）8月にはじまり，41年6月に終わった。それにつづく7月1日に最初の柱が建てられ，翌42年の4月18日には，霞が関ビルの最後の梁が地上147メートルのてっぺんに取りつけられ，この日に棟上式が行われた。42年の夏の間にカーテンウォールの取りつけが終わり，内装工事が終わった43年の4月に完成式が行われた。基礎工事がはじめられてから3年以内に完成したこの超高層ビルの建物の建っている部分の面積は約3600平方メートル，高さは147メートル，地下3階，地上36階である。

工事にもいくつかのくふうがこらされた。基礎工事ではまず直径70センチメートル，深さ14メートルの穴が何本も掘られた。その穴へ鉄筋を入れ，さらにコンクリートを流しこむ。そのあとでこのまわりの土を片側だけ掘ると，鉄筋コンクリートの柱の片側がずらりと並んで顔を出す。その壁にくぎられた内側の土を，約20メートルの深さにある「東京礫層」とよばれる地層の深さまで取り去ってしまう。こうしてあらわれた東京礫層の上に，「捨てコンクリート」とよばれるコンクリートを打った。

この上に鉄筋コンクリートの土台（基礎）をつくり，その上に鉄骨の柱と梁を組み立てる。組み立ての仕事をするとび職や鉄骨はすべて作業用クレーン（起重機）やエレベーターで運び上げられる。同じ階の梁と梁との間に「デッキプレート」とよばれる鉄板の床板をしく。そのくぼんだ部分に鉄筋をしき並べ，その上にコンクリートをしく。作業の日数を少しでも短くするために，たとえば30階で鉄骨を組み立てているときに，27階ではデッキプレートをしき，20階ではデッキプレートの上に鉄筋コンクリートを置

霞が関ビルはわが国での超高層ビルの先がけとなった。

世界一高いテレビ塔(NHK放送センター)の完成予想モデル

赤坂プリンスホテル新館

くというようにして作業を進めなければならない。

このような作業の種類は約3000種類もあり，その作業のどれがとどこおっても工事全体が遅れてしまう。このように大規模で複雑な作業を秩序正しくしかも手際よく進めるために，「パート(PERT)」とよばれる方法が使われた。これはアメリカで「アポロ計画」を進める際などに使われた数学的方法である。パートでは全体の作業のペースメーカーとなる作業があり，「クリティカル・パス」とよばれる。霞が関ビル建設の場合には，鉄骨の組み立て作業がこのクリティカル・パスとして使われた。

多くの人が出入りする霞が関ビルでは，その人たちを上の階に運ぶエレベーターにも，「区間急行方式」とよばれる特別なくふうがなされた。たとえば20階から29階までを利用する人にもっぱらサービスするエレベーターでは，この区間では1階ずつ止まって上下する。しかし20階まではノンストップであり，29階以上の階には行かないといったぐあいである。

霞が関ビルの完成はわが国における超高層ビル建設の夜明けを告げるものであった。このビルが建てられてから現在までに，すでに約30年近い歳月が経過している。この間にやってきた地震や台風に対して，霞が関ビルはびくともしなかった。ビル内には地面や建物の振動を記録する地震計が何台か置かれている。これらによる記録結果は，これまでコンピューターを使って行ったシミュレーションの結果とよく合っている。昭和41年に鹿島建設内につくられた武藤研究室を母体にして，昭和44年，鹿島建設とは独立した組織として武藤構造力学研究所がスタートした。武藤やこの武藤構造力学研究所がその後手がけた主な建物としては，世界貿易センタービル(地下3階，地上40階，高さ152メートル)，京王プラザホテル本館（地下1階，地上47階，高さ179.45メートル)，KDDビル（地下3階，地上32階，高さ164.7メートル)，新宿三井ビル（地下3階，地上55階，高さ225.4メートル)，東邦生命本社ビル（地下3階，地上32階，高さ131メートル)，サンシャイン60（地下4階，地上60階，高さ240メートル)，赤坂プリンスホテル新館(地下2階，地上40階，高さ138.9メートル)，東京都庁ビル（地下3階，地上48階，高さ243.4メートル）などがある。

このうちの都庁ビルは現在のわが国では最も高い超高層ビルである。計算が最もむずかしかったのは丹下(たんげ)健三(1913〜 ）設計の赤坂プリンスホテル新館である。このビルの高層部の断面はV字形をしている。これまでの超高層ビルの断面は長方形であり，この場合にはその長い辺の方向に無限にのびた2次元の構造物として取り扱うことができる。このビルのV字形の断面の場合にはこういった省略ができないために，計算がむずかしくなったのである。

は，高層部の断面がV字形のため計算がむずかしかった。

わが国で最も高い超高層ビルの東京都庁ビル

武藤の夢は文明の発展の可能性を示した

武藤の仕事は国際的にも高い評価を受けた。彼は昭和38年に発足した国際地震工学会の会長を務めた。同じ年にユーゴスラビアのスコピエでおきた大地震のあとでは，ユーゴスラビア政府の要請で，武藤はその再建の指導にあたっている。

昭和33年にコールダーホール型原子炉の導入をめぐって，その耐震性が問題になり，その調査のために武藤はイギリスへ出張した。これがきっかけとなって，その後彼は原子力発電所，火力発電所，石油プラットホーム，煙突，橋などの構造物の振動の研究をはじめた。原子力発電所の耐震性は地震の多いわが国ならではの研究テーマである。

武藤の夢はかぎりなく広がっていった。武藤構造力学研究所がスタートしてすぐのころに，スタッフたちは610メートルという世界一の高さをもつテレビ塔の設計を試みた。東京タワーのように鉄骨がむきだしになったものではなく，コンクリートの衣(ころも)をまとったタワーであり，それはほっそりとしたビルといってよいものであった。東京駅ビルのときと同様に，このテレビ塔もまた実際には建てられなかったけれども，この試みはむだではなかった。先にものべた高い煙突や原子力発電所の冷却塔などの設計に，このときの経験が生かされたからである。さらには，100階建てで高さが約400メートルの超々高層ビルの設計も試みられている。その断面は一辺が66.4メートルの正方形である。サンシャイン60を設計した際の経験や，このビル内に置かれた地震計の記録などを参考にしながらの設計である。

総面積約38万平方キロメートルの日本で，平地はその25%以下を占めるにすぎない。多くの人がこの平地とくに大都市に集中する。このような人口集中が人類の文明をつくりだしたのも事実である。紀元前3500年ごろの乾燥化とともに，人々は水を求めてティグリス，ユーフラテス川やナイル川のほとりに集まってきた。そしてそこにメソポタミアやエジプト文明の花が開いたのである。現在の東京はこのような人口集中のシンボルであり，日本の政治・経済・文化だけでなく生産の一つのセンターともなっている。

このような人口集中には地代の高騰(こうとう)や環境の汚染(おせん)といったネガティブな面もある。このようなマイナスの面を克服(こくふく)し，大都市の魅力(みりょく)を楽しみながら文明を発展させるのは，およそ不可能なことなのだろうか。現在の東京の建物の平均階数は約2階である。このやり方では問題の解決が不可能なことは明らかである。横に広がる分を縦に積み上げ，このようにして生じた空間を緑の空間とすることによって，はじめて問題が解決されるであろう。超高層ビルの建設によって，そのような可能性への突破口を切り開いたのが武藤だったといってよい。

アースウォッチ Earth Watch

●地球環境ウォッチ

殺虫剤などの室内汚染にご注意を

加藤龍夫 横浜国立大学環境科学研究センター教授

台所にゴキブリが出たといって殺虫剤をスプレーし，カがうるさいといってまくら元に電子蚊取器を置く。たいていの現代人がすることである。また新築の家がシロアリに食われないように床下に防除剤をまく。だれもが身のまわりの虫たちを殺して衛生が保たれると疑わない。

だが科学的に考えたら，これは少々おかしいのではないか。殺虫剤はもとより殺菌剤，防カビ剤，防腐剤はすべて生物殺傷能力，つまり毒作用を売り物にする商品だからである。人間だって動物であるから，悪影響があって当然だろう。そこで東京都は家庭内殺虫剤汚染の調査を行い，いろいろな実態が明らかになった。

この種の商品としては，すでにのべた家庭用のほかに園芸用農薬，ペット用薬剤がある。薬局の店頭やペットショップに山と積まれていて，子供でも簡単に買える。アメリカの街角でピストルが安く売られている光景に日本人はおどろくが，ちょっとあれに似た状況である。

現在製造されている商品は数百種に上る。カ，ダニ，ゴキブリ，アリ，ノミの不快害虫用から，殺菌消臭剤，殺菌掃除機，殺菌せっけん，防虫じゅうたん，防虫タンスシートまで，さらに園芸用にいたってはすべての害虫と病原菌に対して用意されている。これらの商品には，40～50種類もの毒成分の1種あるいは数種が配合されている。そしてその多くは農薬そのものである。

簡単に説明すると，有機塩素系はかつての殺虫剤の主流で，分解しにくいが脂肪にはよくとける。発がん性や催奇性をもつものが多く，生物に残留・濃縮されて多くの被害を出し，しだいに禁止されてきた。有機リン系は神経系毒ガスの系列である。カーバメイト系は窒素を含み，リン系と似た作用をもつ。また人体内で亜硝酸と反応してできるニトロソ体に強い発がん性が指摘されている。ピレスロイド系は天然のジョチュウギクの成分をもとに合成された菊酸エステル類で，これも神経毒である。昆虫に対するノックダウン効力が大きいので，家庭内用に多用されている。

問題はその使われ方である。少量では薬でも多量では毒となるのが当然である。室内で殺虫剤を使用すると，揮発して大気汚染が発生する。スプレーやくん煙剤の場合，一般にはじめの数百 ppb（1ppb は 1000 分の 1ppm）から徐々に減少して 0.1ppb になる。しかし，数十 ppb の状態が半日から 1 日もつづく。また低い濃度の状態はその後数日間もつづく。畳や壁に付着した薬剤が，大気汚染をひきおこしつづけるのである。粉剤や粒剤を置く場合には，その薬剤がなくなるまで数百～数十 ppb の高濃度汚染が継続する。最近の密閉性のよい家屋を考えると，これらはおどろくべき数値である。田畑における汚染の数百倍の汚染にさらされている計算になる。

これで病気にならなければ不思議である。実際，顕著な例ではシロアリ用クロルデンを床下にまいた家庭で，神経障害や奇形がおきている。クロルデンの製造は禁止になったが，すでに使用したものは分解せず，その汚染は 5 年も 10 年もつづく。化学毒物の長期暴露による慢性影響に関しては，従来の医学では対応手段がなく，農薬被害は因果関係不明ですまされてきた。

しかし最近は，化学物質過敏症が医学の重要な分野となりつつある。青少年の神経症やアレルギー，アトピーのまん延が，衣食住にわたる化学毒物の摂取と無関係とはけっして思えない。国がこれらを規制する条例を出すにはまだ時間がかかる。わが身を守るために，殺虫や殺菌と名のついた商品の使い方には十分注意することが必要であろう。人間も生態系の一員である事実を忘れないことがたいせつである。

室内で殺虫剤をスプレーすると，かなり高い濃度の汚染が半日から1日もつづく。

大きな川の河口やその沖合いに生息するバタグールガメは，甲長が60センチにも達する。

●野生生物は今

バタグールガメの卵乱獲で激減

永戸豊野 WWFJapan（世界自然保護基金日本委員会）

昔から大型のカメは人間に食べられてきたといえば，ウミガメ類を頭に浮かべる人が多いだろう。たしかにアオウミガメなどはよく食べられてきたが，大型のリクガメ類やヌマガメ類も同じである。

そして今，危機に直面している種が少なくない。一例をあげれば，WWF（世界自然保護基金）が調査を支援しているバタグールガメ（ヌマガメ科）だ。

このカメは甲長が60センチメートルに達する。肉も食べられるが，砂地の川岸に上陸して産む卵は，人々の有力なタンパク源だった。卵は長径が7センチメートル，短径が3～3.5センチメートルもあるだ円形だ。

昔から食べられていたのに，個体数は減らなかった。結果論になるが，採卵がほどほどに行われていたからだろう。しかし最近になって，ほとんどの生息域で激減してしまった。乱獲のせいである。この乱獲は卵をとる住民（人口）の急激な増加と無関係ではあるまい。

現在バタグールガメは，IUCN（国際自然保護連合）編の『レッド・データブック』に絶滅のおそれのある種としてリストされ，『ワシントン条約』では付属書I（国際的な商取引き禁止）に指定されている。

このままでは「持続的な利用」もできない。WWFが調査を支援しているのは，人々がふたたび昔のように卵を利用できるようにするにはどうしたらいいか，その方法を探ってほしいからである。

マレー半島のペラク川では，1989年から調査が行われ，雌は河口近くの生息域から80キロメートルもさかのぼって産卵していることがわかった。スンダーバンズ（インドとバングラデシュにまたがるガンジス川河口の大デルタ地帯。バタグールガメ分布の西限）や，ミャンマー（ビルマ）の大河イラワジの河口付近，さらにベトナム，スマトラなどでも調査・保護が行われれば理想的である。

マレーシアの一部の州では，早くから採卵を許可制にして，とった卵の3分の1を人工ふ化し，放流してきたという。それでも減ってしまったのは，不法採卵が絶えなかったためで，調査と同時に密猟を防ぐ必要があるということだろうか。

●アースマター

ビリヤード・プレーヤーの象牙信仰

かつてビリヤードのボールは象牙（ぞうげ）でつくられていた。ボールを突いたときの感触，ボールの動きは象牙が最高とビリヤード・プレーヤーに信じられてきた。

そのため犠牲（ぎせい）になったゾウの数ははかり知れない。1920年に殺されたゾウは1万頭と記録されている。ゾウの牙（きば）1本から5個のボールがつくられた。

やがて時がたち，プラスチック製ボールの質が向上し，ゾウを守る世論も高まった。現在では象牙のボールはすっかり過去のものとなった。

だがビリヤード・プレーヤーの象牙信仰は消えてなくなったわけではない。象牙は，木製のキュー（ボールをつく棒）の先端にはめこまれて今も使われる。ボールを突いたときの感触がやはり最高といわれている。古い象牙ならばアメリカ国内での使用許可が得られる。1本の牙でキュー200本分ができるので，今のところ象牙不足の心配はないという。

とはいえ，象牙への依存度を少しでも減らそうと代替品も製品化されているが，反響はよくない。そんな中で，日本のヤマハが開発した象牙の代替品を利用できないかと，注目が寄せられている。

2万個のボールの山とその製造者。1889年ごろ。

オリンピック国立公園の温帯多雨林。貴重種のフクロウやボブキャットなどがすむ。

●アースマター

アメリカの国立公園は貴重な森林を守る

年間を通じて降水量の多い多雨地帯には，生物種の多様な森林が発達する。熱帯では熱帯多雨林，気温の低い温帯では温帯多雨林となる。温帯多雨林がみられるのはニュージーランド，チリ南部とアメリカだけである。

ワシントン州のオリンピック国立公園には，樹高90メートル以上にもなるベイマツが生え，100種以上の貴重な動植物がすむ温帯多雨林がある。ここにすむ鳥の75％は一年中この森から移動しない。

アラスカのグレーシャー湾国立公園の温帯多雨林は，なんと三方を氷河に囲まれている。氷河が砕けたときに，海水のしぶきの塩分で土地が肥え，風や鳥に運ばれた種から森が生まれた。針葉樹やハンノキの森だ。哺乳(ほにゅう)類の侵入はむずかしいが，クマやカワウソはすむ。

同じアラスカのケナイフジョーズ国立公園にも，針葉樹の温帯多雨林がある。哺乳類は簡単に移住でき，ヤギ，クマ，オオカミがすむ。

それぞれの国立公園の管理事務所は，貴重な森の保護活動を行う一方，旅行者に適切なアドバイスを行ってくれる。

●環境アラカルト

エコロジーキャンプで動植物や星空の観察を

環境庁は全国の国立公園や国定公園内に，自然とふれ合える「エコロジーキャンプ」場をつくる計画である。

そこには動植物や星空の観察施設，自然観察路があり，観察会ももよおされる。ビジターセンターには指導員がいて，いろいろと教えてくれる。ライブラリーやレクチャールームもある。キャンプでは太陽エネルギー利用の温水シャワーが使用でき，太陽熱発電機も設けられている。水洗トイレや炊(すい)事場の排水は，環境をよごさないように高度処理される。生ごみはコンポストで肥料にかえる。

このエコロジーキャンプ場は，1993～97年度中に整備される計画である。お問い合わせ先／環境庁自然保護局施設整備課☎03-3581-3351

●環境アラカルト

ユネスコの『世界遺産条約』に日本も加盟

1992年6月，日本はようやく『世界遺産条約』の批准(ひじゅん)を決定した。世界遺産一覧表の候補地として，屋久島と白神山地，法隆寺，姫路城が選ばれている。

世界遺産条約は1972年にユネスコ総会で採択された条約で，現在加盟国は126である。この条約のユニークな点は，文化遺産と自然遺産の両方をともに保護しようという点にある。人間がつくった文化と大自然とは共存するはずというその思想は，地球環境の危機が叫ばれる現代にあってたいへん意義深い。

世界の遺産リストにはピラミッドやグランドキャニオン，ガラパゴス諸島をはじめ358か所が指定されている。加盟各国は指定地の保全に努める義務をもつ。また遺産の修復を目的として，「世界遺産基金」が設けられている。お問い合わせ先／（社）日本ユネスコ協会連盟☎03-3340-3921

ガラパゴス諸島のイグアナ

●環境アラカルト

会員求む，堀場製作所の酸性雨ネットワーク

「HONEST」というパソコン通信ネットワークをご存じだろうか。酸性雨に関する情報交換ネットワークだ。分析機器メーカー堀場製作所が1992年6月に開局し，3か月後の会員数は350人を数える。会員は，各地の酸性雨測定データや，酸性雨に関する文献リストなどの情報を無料で利用できる。会費も無料。

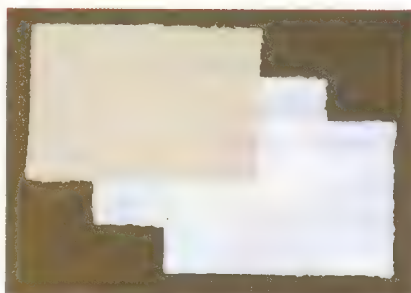
各地の会員から寄せられる酸性雨測定データはたいへん貴重な資料だ。現在会員は京都，大阪，東京などに集中しているので，全国各地からの会員を募集している。また堀場製作所では酸性雨測定キットも発売している。「酸性雨の正確な測定には，pHだけでなく導電率の測定も必要」とのこと。1セット5万1000円である。お問い合わせ先／（株）堀場製作所 ☎0120-408222

●市民運動ウォッチ

森林資源を守る草花から紙づくり

チューリップ，スイセン，アカツメクサ，ヒメジョオン，トマト，キュウリ，サツマイモ，……いろいろな草花や野菜から紙をつくる実験をつづけているのは，三重大学の木村光雄教授である。使う植物によってかたさ，透明度，繊維の感じがちがういろいろな紙ができるそうだ。

植物の茎や葉，つるから紙ができると聞くとちょっとびっくりするが，よく考えれば不思議はない。パピルスや和紙の例もある。草花紙も木材紙もセルロースからできていることにかわりはない。

地球環境を考慮した木村教授は，森林資源にたよらない紙づくりを提案し，これを広めるための運動を行っている。興味のある人からの問い合わせに応じ，草花紙づくりの講習会などにも出むいている。使う植物は花が散ったあとのチューリップの茎や，取り入れ後の野菜の茎，畑の雑草などの「捨てられているもの」である。とりあえずの目標は「自分で使う葉書は自分でつくろう」。チューリップの茎3本で葉書1枚ができる。

ヒメジョオン，アカツメクサ，アシの葉書

ジャパンエコロジーセンターが草花紙の実用化に乗りだしている。大量に安価に草花パルプをつくることが課題で，減産で遊んでいる絹づくりの釜（かま）の活用などが考えられている。お問い合わせ先／三重大学☎0592-32-1211，ジャパンエコロジーセンター☎03-5228-3355

●最新エコビジネス

ミサワホームの住宅エネルギーの85%自給

生活に必要なエネルギーのなんと85％を自給できる家を，ミサワホームが開発した。この「エコ・エネルギー住宅」の特徴はまず省エネルギー構造である。従来の木造住宅にくらべて7倍の断熱性と，20倍の気密性構造をもつ。次に屋根そのものが太陽電池の太陽光発電。この発電で足りない分は，電力会社の深夜電力を利用する。一方，余剰（よじょう）電力は電力会社に買い取ってもらう。

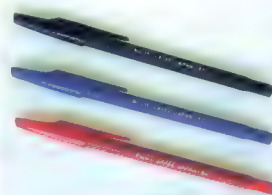
さらに熱をたくわえるヒートポンプを導入し，同一電気エネルギーで約3倍の熱量を得る。エコ・エネルギー住宅は1993年度中に発売予定である。お問い合わせ先／ミサワホーム（株）☎03-3345-1111

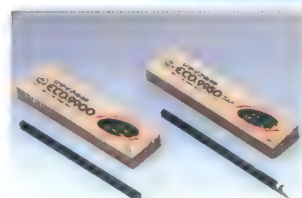
●最新エコビジネス

エコロジー文房具新製品紹介

パイロットのボールペン「セーフィー」は，ボディ軸部分にポリプロピレン・ラバーを使用している。燃やしても有毒ガスを発生しない素材だ。

サンスター文具の「トゥイギー」は，木の枝をそのまま使ったボールペン。北アメリカ森林地帯の間伐材（倒木や廃材）を利用している。ボールペンの芯（しん）は市販品と交換可能である。

三菱鉛筆は「リサイクル鉛筆ECO（エコ）#9900」を発売予定である。この鉛筆の軸は木材ではなく，古紙の再生材と，それを固める樹脂でできている。お問い合わせ先／（株）パイロット☎03-5487-8015，サンスター文具（株）☎03-3872-7101，三菱鉛筆（株）☎03-3458-6223

ボールペン「セーフィー」1本80円

ボールペン「トゥイギー」1本500円

リサイクル鉛筆1本50円。右は消しゴムつきで1本60円。

Newtonの教育社が開発した,中高生のための

効率学習で定期試験はいつも満点,志望校合格へ一直線

トレーニングペーパー 予習・復習 ——— Xsで予習すれば明日の授業が待ち遠しくなります

授業がよく理解できること,これが学力アップの最大の秘訣です。そのためには毎日の予習がかかせません。でもどのように予習したらよいかわからないこともあるでしょう。その点Xsは,らくらくと予習を進めることができます。たとえば,明日の英語の授業で35ページを習うとしましょう。Xsにトレーニングペーパーのフロッピーを入れ,「3」「5」「印刷」の3つのキイを押すだけでOK。新しく習う単語や文法の詳しい説明,そして徹底したトレーニング問題が印刷されて出てきます。これさえやっておけば，先生の話もよくわかり，授業がどんどん面白くなってきます。明日の授業が待ち遠しくなればもうだいじょうぶ。学力アップまちがいなしです。

定期試験 実物テスト ——— Xsは定期試験で満点をとることを可能にしました

定期試験用のフロッピーを入れ,試験範囲の教科書ページを指定します。すると試験範囲にピッタリあった実物そっくりのテストをXsが7通りも打ち出します。まだ習っていないところや前回の試験範囲の問題はまったく出てきません。最も効率よく勉強するために,各人の勉強すべき個所をその場で編集,印刷すること,これがXsの一番得意とする機能です。しかもXsの打ち出すテストは,もともと現職の中学校の先生によって作られた良問ばかり。学校の試験問題を見て,事前に勉強しておいた問題ばかり出てくるので,びっくり仰天,目を疑うことでしょう。これなら満点をとれるかもしれませんね。

高校受験 弱点集中学習 ——— Xsは志望校合格に直結したプログラムを用意します

中学3年生になると受験勉強が必要になりますが,Xsには志望校合格の実力を限られた時間の中で確実に身につけるためのプログラムが用意されています。Xsでは過去の実際の入試問題を中心にテスト形式で学習します。そして,つまずいた個所は徹底した類題トレーニングを行います。つまずいた個所の答えを丸暗記しても本当の実力はつきません。わかっている個所はどんどん飛ばさないと時間がかかるだけです。つまずいた個所の類題トレーニングを繰り返すことによって初めて本当の実力がつくのです。こうして,志望校合格の最短距離をつき進むことができるわけです。これは教育社の膨大なデータベースと最新のコンピュータ技術によって実現されました。

ワープロ ——— Xsは家族の人気もの,ワープロにも変身します

Xsの価値は学習の世界にとどまりません。ワープロ用フロッピーを入れると,Xsはたちまちワープロに変身します。家族の電話帳,同級生名簿,そして年賀状の宛名書きと,利用のしかたは自由自在です。家族そろってご使用ください。

画期的なXs（キィーズ）学習システム

KYOIKUSHA

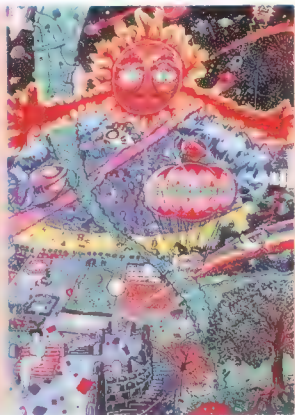
- **機器価格**／255,440円
- **学習ソフト価格**／（教材ソフトはすべてレンタル契約です）
  小学5・6年算数，国語（トレペ）各レンタル月額1,500円，中学受験対策算数，国語各レンタル月額2,300円。中学1・2・3年英語，数学（トレペ・定期試験）各レンタル月額1,800円，国語・理科・社会（定期試験）各レンタル月額1,200円。公立高校用受験対策英語，数学各レンタル月額1,800円，国語・理科・社会各レンタル月額1,200円。高校1・2年英語，数学（トレペ・定期試験）各レンタル月額2,500円。この他難関高校受験対策，基礎演習等の特別コースのソフトがあります。
- **消耗品価格**/リボン1,000円（マルチ・ワンタイムとも），専用用紙750円（500枚）

＊上記金額はすべて消費税込みの価格です。

東　京—☎03-3232-8024
仙　台—☎022-214-0733
前　橋—☎0272-52-7925
大　宮—☎048-647-5461
つくば—☎0298-58-2730
船　橋—☎0474-22-9242
立　川—☎0425-29-3811
神奈川—☎0466-23-7737
静　岡—☎054-288-6368
浜　松—☎0534-73-5333
名古屋—☎052-451-8528
大　阪—☎06-359-5430
難　波—☎06-648-1181
堺　—☎0722-54-2799
神　戸—☎078-333-8455
北九州—☎093-645-5700
福　岡—☎092-262-2828

または教育社出版販売各営業所へ

NEWTON INFORM

読者のため

「太陽の日」キャンペーン絵画コンクール

ソーラーシステム振興会では，地球を環境汚染から守る自然でクリーンな太陽エネルギーの上手な活用方法について考えるため，1984年に「春分の日」を「太陽の日」と定めた。今年で10回目をむかえる'93「太陽の日」キャンペーンの一環として，同振興会では小学生と中学生を対象に「ソーラーエネルギー"太陽としあわせ家族"」をテーマとした絵を募集している。

●テーマ＝「ソーラーエネルギー "太陽としあわせ家族"」さまざまな恵みをもたらしてくれる太陽と家族の生活をえがいた楽しい絵。●応募資格＝小学生，中学生。●応募作品＝用紙はB3画用紙。クレヨン，パス，色鉛筆，水彩絵画のいずれか。未発表の作品で本人がえがいたものに限る。●応募方法＝作品裏面に郵便番号，住所，氏名，性別，保護者名，電話番号，学校名，学年を明記のうえ，事務局まで郵送。学校でとりまとめてもよい（連絡者を明記)。●審査員＝女優で画家の城戸真亜子氏ほか3名を予定。●応募締切り＝11月30日（月）当日消印有効 ●応募先および問い合わせ先／〒151東京都渋谷区千駄ヶ谷2-28-4 イヌイビル3F「太陽の日」キャンペーン絵画コンクール事務局☎03-3563-7929

室内の快適度をチェックする環境モニター時計

カシオ計算機から室内の快適度をチェックする環境モニタークロック「ITH-550J」（掛け時計）と「TTH-700J」（置き時計）が発売された（写真はITH-550J)。本機は温度センサーと湿度センサーを内蔵しており，部屋の中の温度と湿度を自動的に測定し表示する。また測定した温度と湿度データから不快指数を算出し，快適度を8段階であらわす快適度表示機能をそなえている。さらにカビが繁殖しやすい高温多湿の状況を，カビ注意度表示機能によって5段階で警告することができる。温度変化が大きく乾燥した状態では，風邪をひきやすい。それを利用した健康注意度表示機能もそなえている。

置き時計タイプのTTH-700Jには，酸素センサーが内蔵されている。そのため空気中の酸素濃度を測定し，空気の新鮮さを12段階で表示することもできる。これらの機能によって，目にみえない空気の状態を数値やグラフで表示する。そのため室温の調節や換気，除湿などの目安として使用でき，快適ですごしやすい部屋の環境維持に役立つ。測定範囲はマイナス10～50度C。価格はどちらも14,000円。お問い合わせ先／カシオ計算機株式会社☎03-3347-4811

ワイド画面のモニター付きテレビインターホン発売

松下電工から広角映像型のモニター付きテレビインターホン「ワイドキャッチ・玄関番WQS310」が発売された。本機は広角レンズの新搭載により，従来の映像範囲を6倍にアップした。カメラから人物までの距離が50センチのとき，90（H）×180（W）センチの範囲を確認することができる。そのため来客者が正面から左右にずれた位置に立っても確実に確認できる。価格は49,000円。お問い合わせ先／松下電工株式会社☎06-908-1131

クリーン電源による家庭用ソーラーエアコン

三洋電機から電力用太陽電池と家庭用インバーターエアコンを組み合わせた「ソーラーエアコン」が発売された。本機は太陽電池と商用電源で併用運転する家庭用インバーターエアコンで，太陽電池からの出力を優先的に活用する。太陽照射が少ない日や夜間など，太陽電池からの出力が低下した場合には商用電源でまかなうことができる。またエアコン運転中にワイヤレスリモコンについている「ソーラーキープ」ボタンを押すと，コンプレッサーの運転を太陽電池の発電電力のみでまかなう「ソーラーキープ運転」にすることもできる。この機能により，外出時の留守空調などすぐれた経済空調が実現できる。

数台のソーラーエアコンを設置し太陽モジュールを集合設置する場合には，インターフェース回路に電力ピークカット機能を追加できる。これにより電気配線を共通母線化し工事の簡略化もはかれる。太陽電池モジュールからの出力を複数のエアコンに供給する「PVマルチサプライシステム」にも対応。室内ユニットのサイズは298（H）×810（W）×158（D）ミリ。室内ユニットの重さは8キロ。価格は一式1,500,000円。お問い合わせ先／三洋電機株式会社☎0276-61-8274

MATION
の情報ページ

一体型の新しいプロ用デジタルスチルカメラ発売

日本コダックからカメラ本体とハードディスクを一体にした新しいプロ用デジタルスチルカメラ「コダック プロフェッショナル DCS 200 デジタルカメラ」が発売された。本機はニコンN8008S（日本国内での型式F801S）のカメラボディにコダック社製のデジタル イメージング バックを組み合わせたものである。カメラとハードディスクを一体化したことによって，小型化・軽量化を実現しており，持ち運びに便利である。

従来の機種では，画像を外部記憶装置に記憶させるか，ICメモリーカードやフロッピィディスクに保存する方式だった。本機では150万画素という高解像度のCCDによって静止画像をデジタル方式で捕捉し，カメラ本体に取りつけられた80メガバイトのハードディスクに最大52コマまで直接記憶させておくことができる。そのため三次元の高速スキャナーとしての機能をそなえたデスクトップカメラともいえる。また一体型であるためアウトドアで画像を取りこむ（撮影する）こともできる。サイズは全体で約170(W)×208(H)×114(D)ミリ。重さは約1.7キロ。価格は1,690,000円。お問い合わせ先／日本コダック株式会社☎03-5488-2570

実物をそのまま投影するプロジェクター発売

富士ゼロックスから，投影したい品物を原稿ステージ上に置くだけでスクリーン上に映しだすことのできる「富士ゼロックス実物プロジェクターJP1（ジェイピーワン）」が発売された。本機はスライドの作成やOHPフィルムへのコピーといった投影に必要な原稿作成が不要である。そのため会議などで事前に準備をする手間がはぶけ，即座にプレゼンテーションをすることができる。またカラー印刷物でもスクリーン上にあざやかに投影できるため，カタログなどを利用したカラーでのプレゼンテーションも可能である。

さらに厚みが約3.5センチ以下のものであれば，書籍や商品見本といった立体物を投影することもできる。そして実物のもつ立体感や質感を映しだせるため，文字や図形など文書だけのプレゼンテーションよりも訴求力が増す。オプションのリモコン付き自動原稿送り装置「JP1-ADF」を利用すると，最大30枚までの遠隔操作も可能である。サイズは366（W)×280（H)×509（D）ミリ（取っ手部を除く）。重さは15キロ。本体の価格は238,000円。JP1-ADFの価格は60,000円。お問い合わせ先／富士ゼロックス株式会社☎0120-274100

エイズに関する予防診断テレフォンサービス

テレマーケティング最大手のベルシステム24が，日本電信電話（NTT）のダイヤルQ²を利用したエイズに関する有料の電話相談サービス「エイズ・STD（性感染症）ダイヤル」を開始した。このサービスはエイズや性感染症に対する誤った情報を整理し，正しい情報や知識を広く一般の人たちに理解してもらうことを目的としてはじめられたものである。エイズの予防教育・啓蒙団体である日本予防STD協会が協力と監修にあたる。

利用者は知りたい情報をガイダンスにしたがい操作することによって，24時間いつでも気軽にサービスを聞くことができる。番組の内容はエイズの感染経路や予防方法，最新治療方法，相談窓口の紹介などに関するエイズチャンネル，セックスにより感染するとされる病気の症状や予防，治療に関するSTDチャンネル，避妊の方法や妊娠に対する自己診断などに関する妊娠チャンネルである。厚生省や学会から新しい情報が出た場合には，情報が入れかえられるシステムになっている。電話番号は0990-317-287（東京），0990-337-287（大阪）である。料金は情報提供料として3分間で180円。お問い合わせ先／株式会社ベルシステム24☎03-3590-0024

環境に応じて受信方式を使い分けるファクシミリ

東芝から受信画像をメモリに蓄積し液晶ディスプレイで確認できるディスプレイファクシミリの新製品「PFX-12M miro（ミロ）」が発売された。本機は受信画像をいったんメモリに蓄積して液晶ディスプレイ上で確認してから必要な情報のみをまとめて印字出力できる「メモリ受信」，4桁の暗証番号を知っている人だけがメモリ受信された内容を引きだすことのできる「暗唱番号付きメモリ受信」など4種類の受信方式を使用環境に応じて使い分けできる。

独自の「選択受信機能」を設定すると，内蔵の感熱ロール紙に直接印字出力する「記録紙受信」に設定している場合，電話帳に登録されていない相手先からの受信は印字せずに自動的にメモリ受信に切りかわる。メモリ受信に設定している場合には電話帳に登録している相手先からの受信のみメモリに蓄積し，それ以外は受信しない。電話帳は最大50か所まで相手先を登録できる。原稿を読み取るスキャナ部は本体との着脱が可能。サイズは389（W)×110（H)×341（D）ミリ。重さは約5.0キロ（受話器を含む）。価格は248,000円。お問い合わせ先／株式会社東芝☎03-3457-2968

遊びの中での創造を目指すトータルシステムハウス
事業内容
宇宙通信、FAおよび放送機器の開発、設計、製造、検査
ならびにそれらについてのソフトウエアの開発、作成
事業所
アドバンストテクニカルスタジオ
〒215 川崎市麻生区南黒川8-1
川崎テクニカルセンター
〒213 川崎市高津区久地590
多摩テクニカルセンター
〒214 川崎市多摩区菅3-11-37
新宿ソフトウエア開発センター
〒162 東京都新宿区横寺町36牛込ビル
ソフトウエアプラザ
〒215 川崎市麻生区万福寺1-2-2
新百合トウエンテイワン 7F
技術、営業、経理などの人材募集中(既卒も可)
株式会社日放電子
〒101 東京都千代田区神田小川町2-12信愛ビル TEL03-3291-1081(代)

LETTERS

クーラーを消しました
山本泰三／大阪府堺市

8月号の *NEWTON SPECIAL*「徹底検証 エネルギー問題」を読んだ次の日，クーラーをつけずに1日すごしました。はずかしいことですが，クーラーに慣れきっていたボクにはとてもつらかったです。そこで風量を1つ弱くしてつけることにしました。こういう小さなことでも多くの人がやれば必ず変化が出ると思うのですが。

いろいろな人の意見が聞きたい
佐々木洋一／埼玉県川口市

1つの問題を扱うとき8月号の「徹底検証 エネルギー問題」のようにたくさんの人に原稿を書いてもらい，色々な角度からとらえているところがNewtonの良いところだと思います。これからもなるべく多くの人に書いてもらってください。

●Newtonでは，読者の皆さんに第一線で活躍している人の意見を伝えるにはどうしたら良いか，といつも考えています。その一つの試みがインタビューで，最先端の話題に取り組んでいる研究者の生の声をお届けします。インタビューコーナーへのご意見，ご感想もお寄せください。

文学と科学が結びついた
菊地久美子／千葉県市川市

8月号には，なんとあの宮沢賢治の『銀河鉄道の夜』の特集がのっているではないか！！と非常に感動しています。和製の神話ともいうべき彼の作品を天文ファンならば一度は読んだことがあると思います。「いつか必ず花巻の地に立って，彼のみた星空をながめるゾ」という思いが一層強くなりました。

賢治ファンであり，天文好きな人ならば「『銀河鉄道の夜』トラベル・ガイド」は，大変満足のいくものであったでしょう。欲をいえばトラベル・マップをポスター化していただきたく思います。では，再度，感動をありがとう。

冬の星座も期待します
寺岡朋美／広島県福山市

「『銀河鉄道の夜』トラベル・ガイド」，感動しました。私はこの本を読んだことはありません。それに星座もあまり見ないのですが，この記事を読んで，星の美しさにひかれて夏休みを利用してプラネタリウムに行き，星についてもっと知りたいと思いました。来月の「星物語」も楽しみに待っています。そして，今度は冬の星座についての記事をのせてください。おねがいします。

●「え！Newtonで宮沢賢治？」とおどろいた読者も多かったのではないでしょうか。彼の作品にはさまざまなところに科学知識が生かされています。一味ちがった宮沢賢治を楽しんでいただけたでしょうか。

恐竜はやっぱり温血動物!?
竹内一樹／長野県東筑摩郡

8月号の *ZOOM & FOCUS*「ジュラシック・ワールド」がとてもよかった。中でも100年前に描かれたドゥリプトサウルスの絵は，恐竜がさながら温血動物のように描かれている。昔もこんな風に恐竜のことを考えていた人がいたなんて，と感激してしまった。

●恐竜に関する研究はめまぐるしく進歩しています。最近では福井県で恐竜の足跡がみつかりました。Newtonでは恐竜の最新情報を今後もお届けします。

伝説はほんとうだった
山中裕敬／滋賀県大津市

8月号の「伝説のアトランティス」を読んで，大変感動しました。今までは伝説だとばかり思っていた事が，今から3400年前，実際に起こった事だなんて，本当にスゴイと思います。しかも「モーセの十戒」までが正しいのではないかというのも，とても夢があると思います。これからもギリシア神話やローマ神話などを中心とした世界の神話を，ぜひ載せて欲しく思います。

●今月号にひきつづき来月号でも「聖書の考古学」をお届けします。

6万年後に夢を託す科学者たち
関根康一／福岡県福岡市

8月号の *SCIENCE SENSOR*「宇宙探査20周年をむかえたパイオニア10号」の特集が心に残りました。木星の探査が終わって，宇宙生命にであうために，休みなく進んでいるパイオニア10号ですが，85万年も飛び，そして1番近い星まで3万年かかる。それでも宇宙生命を探したいという科学者の意欲が伝わってきました。その星まで行くのに3万年，地球に返事が来るとしたら6万年後。科学者たちの孫の孫のずーと孫の，気が遠くなる時間ですが，宇宙生命に夢を持っています。もしかすると，6万年後までには一瞬で他の星に行けるかもしれないけど，今，やれることで着々と夢をおいつづける科学者たちに感動しました。

●NASA（アメリカ航空宇宙局）の「SETI（地球外文明探査）計画」が10月にスタートしました。こちらの成果も気になります。

ハッとしました
浅海 緑／埼玉県所沢市

今後ニュートンで読みたい記事は，やはり自然環境と宇宙，特に星のことです。ニュートンを読んでいろいろなことを知るにつれて，ハッとしたのは，自分がいかに何も知らないかということでした。今までは，高校受験，大学受験と，単なるペーパー上の知識を丸暗記していただけで，実は何も知らなかったことに気づきました。ニュートンに有難うという気持ちでいっぱいです。これからもよろしくおねがいします。

皆さんの声をお聞かせください

Newtonでは，読者の皆さんからのご意見やご希望，読みたい記事などをお待ちしております。ただし，ご質問は本誌に掲載された記事に関するものに限ります。住所，氏名，年齢，職業（学生の方は学年）を明記のうえ，巻末の愛読者カードまたは葉書でお寄せください。お便りをいただいた方の中から毎月抽選で5人の方に，Newton特製テレホンカードを進呈いたします。また，*LETTERS*のコーナーに採用させていただいた方には，Newton特製ポストカードセットを進呈いたします。

CONTRIBUTORS

●火星を走る知能ロボット「マース・ローバー」
Michael Carroll／マイケル・キャロル
サイエンス・イラストレーター。1955年，アメリカ生まれ。コロラド州立大学卒業。NASA（アメリカ航空宇宙局）の出版物にもイラストを多数えがいている。

●地球の芸術 気象現象
木村龍治／きむら・りゅうじ
東京大学海洋研究所海洋気象部門助教授。理学博士。1941年，神奈川県生まれ。東京大学理学部物理学科卒業。専門は地球流体力学。大気や海洋中の渦巻きと対流について研究。

●バンクス植物図譜
西村三郎／にしむら・さぶろう
京都大学総合人間学部教授。理学博士。1930年，青森県生まれ。京都大学理学部動物学科卒業。専門は地球生物学。研究テーマは人間と自然の交渉史。『チャレンジャー号探検』『原色検索日本海岸動物図鑑』（編著）が近刊。

●最新 時間論
桜井邦朋／さくらい・くにとも
神奈川大学工学部教授。理学博士。1933年，埼玉県生まれ。京都大学理学部地球物理学科卒業。専門は宇宙線物理学。宇宙線の起源，太陽ニュートリノ問題を研究。『天文考古学入門』『物理学の考え方』など，著書多数。
江口 徹／えぐち・とおる
東京大学理学部教授。Ph.D.1948年生まれ。東京大学理学部物理学科卒業。専門は理論物理。研究テーマは超ひも理論，および超ひも理論に関連する数学である。
田中 一／たなか・はじめ
札幌学院大学社会情報学部教授。同学部長。理学博士。1924年，京都府生まれ。京都帝国大学（現京都大学）理学部物理学科卒業。専門は理論物理，情報学。研究テーマは情報基礎論，科学論，情報処理教育など。著書に『夜空の星はなぜ見える』『自然の哲学』など。
和田純夫／わだ・すみお
東京大学教養学部専任講師。理学博士。1949年，千葉県生まれ。東京大学理学部物理学科卒業。専門は理論物理。研究テーマは量子宇宙論，ワームホール。

●ホーキング 再び時間の矢を語る
前田恵一／まえだ・けいいち
早稲田大学理工学部物理学科教授。理学博士。1950年，大阪府生まれ。京都大学理学部卒業。専門は一般相対性理論，宇宙論およびブラックホール物理学。今回の国際シンポジウム「量子物理学と宇宙」では組織委員を務めた。

●地球温暖化がはじまっている？
西岡秀三／にしおか・しゅうぞう
国立環境研究所地球環境研究センター総括研究管理官。工学博士。1939年，東京都生まれ。東京大学工学部機械学科卒業。専門は環境システム工学。地球温暖化とその影響を研究。著書に『地球温暖化の影響予測』（監訳）など。
三上岳彦／みかみ・たけひこ
東京都立大学理学部教授。理学博士。1944年，京都府生まれ。東京大学理学部地学科卒業。専門は気候学。現在は小氷期の気候変動の研究とグリーンランド氷床コアによる大気環境変動の復元を行っている。著書に『地理学への招待』（共著）など。
小池一之／こいけ・かずゆき
駒沢大学文学部教授。理学博士。1935年，茨城県生まれ。東京大学理学部地学科卒業。専門は地形学。現在は歴史時代の海岸環境の変遷について研究を行っている。著書に『一般地質学』（共訳）がある。
目崎茂和／めざき・しげかず
三重大学人文学部教授。理学博士。1945年，東京都生まれ。東京教育大学（現筑波大学）理学部地学科卒業。専門は自然地理学。現在はサンゴ礁の環境問題の研究を行っている。著書に『石垣島白保 サンゴの海』『琉球弧をさぐる』などがある。

●宇宙全体の質量を求めよう
祖父江義明／そふえ・よしあき
東京大学理学部天文学教育研究センター教授。理学博士。1943年，千葉県生まれ。東京大学理学部天文学科卒業。専門は銀河電波天文学。主な研究テーマは銀河の活動，進化，構造である。著書に『電波で見る銀河と宇宙』『コンピューターが描く宇宙』などがある。

●ヒトにはなぜ右利きが多いのか？
久保田 競／くぼた・きそう
京都大学霊長類研究所教授。同研究所所長。医学博士。1932年，大阪府生まれ。東京大学医学部医学科卒業。専門は神経生理学，霊長類学。主に脳の前頭葉の研究を行っている。『左右差の起源と脳』（編著）など著書多数。

●殺虫剤などの室内汚染にご注意を
加藤龍夫／かとう・たつお
横浜国立大学環境科学研究センター教授。理学博士。1929年，福岡県生まれ。東京都立大学理学部化学科卒業。専門は環境化学。主な研究テーマは，農薬汚染，ダイオキシン対策など。著書に『悪臭の機器測定』『農薬と環境破壊56話』がある。

12月号予告

NEWTON SPECIAL
夢と睡眠の科学
流行の夢判断を信じますか？ 人はなぜ夢をみるのか。夢に役割はあるのか。人はなぜ眠るのか。眠りの役割は何か。最新の科学が夢と睡眠をどこまで解明したかを特集する。

ZOOM & FOCUS
シルクロードに消えた都 楼蘭
東西文明の交流の舞台となったシルクロード。その中に，交流の拠点として繁栄をきわめながら突然消えた幻の都，楼蘭があった。その真実の姿を広大なシルクロードの風景とともに紹介する。

聖書の考古学 後編
モーセの出エジプト，ソロモンの栄華，シバの女王……。『旧約聖書』にある有名な物語は，史実を反映したものらしい。考古学の手法を用いて，聖書の世界を解明する第2弾。

完全保存版
世界の宇宙開発 全ミッション紹介
今後の宇宙開発ではどんな計画が予定されているのか。2000年までのアメリカ，CIS，ヨーロッパ，日本などの宇宙開発，全ミッションを紹介する。宇宙開発計画の完全保存版。

GEOGRAPHIC——竹内 均
ボリビア
ボリビアは南アメリカの中央部に位置し，古くからインディオが生活していた。1825年の独立後もたえまない政情不安がつづいている。

生物絶滅のなぞ
恐竜やアンモナイトはなぜ絶滅したのか。生物絶滅のなぞを解き明かす，地球の壮大な動きと生物のかかわり，そして人類の未来について考える。

イルカはどこまで賢いか
水族館などでおなじみのイルカ。実はチンパンジーほどの知能をもっているという。イルカはどのくらい賢いのか，神秘的なイルカの生態を探る。

土星および衛星タイタンの探査機カッシーニ

編集長室から

竹内 均

シリーズにして刊行している Newton 別冊は，幸いにして多くの方々のご愛読をいただいている。9月に刊行した『人体の不思議』につづいて，11月には読者の方々からのご要望の多かった天文学関係の記事をまとめた『星座物語』を刊行する予定でいる。この別冊には星座にまつわるロマンチックな話題や天文学の最新情報が集められている。ビッグバンやタイムマシンなどの宇宙を舞台にした不思議な世界の話もおさめられている。

「聖書の考古学 前編」はいかがであったろうか。来月号の後編もご期待いただきたい。

私が書いて8月号に載せたアトランティス大陸にまつわる話は，幸いにして大きい反響を得た。今月号に載せた「聖書の考古学 前編」と来月号に掲載予定の「後編」は，『旧約聖書』に出てくる物語の真実性を科学的に追究したものである。それはまたアトランティス大陸の話とも関連している。地球物理学を研究しながら，私はこのような古代史の物語にも絶えず興味をもってきた。その一部をここに披露したことになる。

今年は物理学の父，アイザック・ニュートンの生誕350周年にあたる。彼の発見した「力学の法則」や「万有引力の法則」は自然界にはたらく力の原理を説明するものである。東京大学理学部の祖父江義明さんにお願いして今月号から連載をはじめた「宇宙を計算しよう」は，ニュートンの発見した式を使って宇宙におけるさまざまな運動を計算してみようというものである。

今月号のインタビュー・コーナーでは，都立駒込病院の根岸昌功さんにご登場いただき，エイズについての最新の事情をうかがった。エイズの流行は日本でも深刻な問題となりつつある。感染の予防に全力をつくさなければならないのはもちろん，今後はエイズ感染者を社会がどのように守っていくかも問われるようになるだろう。その意味で根岸先生のお話は意義深いものであった。

「バンクス植物図譜」をつくるにあたっては，図譜を所蔵している千葉県立中央博物館植物科の遠藤泰彦さんにたいへんなお世話をいただいた。また掲載した図譜は，同博物館の大場達之さんが撮影したものをお借りした。Newton をよい雑誌にするためのご協力をいただいた，上にのべた方々に深く感謝したい。

来月の *NEWTON SPECIAL* は「夢と睡眠のなぞ」である。これまでは，このような分野を科学的にあつかうのはむずかしかった。しかし脳に関する研究が急速に進んだこともあって，最近ではさまざまなことが科学的に明らかになってきている。そこで来月号では，このような最新の知見をまとめて，夢と睡眠の実体にせまってみたいと思う。

Design

堀木一男，岩崎邦好，岡野祐三，豊田正江，旗手祥氏，宮下浩／
Visual Communication Design Convivia

Photograph

表紙　World Photo Service
2　西井上剛資/Orion Press, World Photo Service
3　Joyce Photographics/PPS
4-5　NASA
7　NASA
9　農林水産省農業環境技術研究所，国立天文台
11　NASA，蚕糸・昆虫農業技術研究所
13　Michael Carroll
14　Czeslaw Czaplinski/Los Angeles Times Syndicate
16-17　西井上剛資/Orion Press
18-19　Warren Faidley/Orion Press
20-21　L. Brown/Image Bank
21　NASA
22　水越武/PPS
23-25　Jim Brandenburg/PPS
26-27　Charles Mauzy/PPS
28　D. Hoadley/Orion Press
29　Edi Ann Otto/PPS
30-31　久我耕一/カメラ東京サービス
32　御木信敏
35　Newton
36　御木信敏
38　The Natural History Museum, London・Alecto Historical Editions
39　REX/PPS
40～43　The Natural History Museum, London・Alecto Historical Editions
44　The Natural History Museum, London, The Natural History Museum, London・Alecto Historical Editions
45　The Natural History Museum, London, ナショナル・ポート・ギャラリー，『キャプテン・クック世界一周航海完全公式記録第2巻』
46-47　David Nunuk
48　"AMAZING STORIES", May, 1927
49　株式会社手塚プロダクション
50-51　Steve Krongard/Image Bank
52-53　World Photo Service
54-55　Erich Lessing/PPS
65　Mike Yamashita/PPS
70～73　御木信敏
74-75　World Photo Service
76-77　Georg Gester/PPS
79　サンセット
82　World Photo Service
83　Georg Gester/PPS
85　Erich Lessing/PPS
88　御木信敏
90　御木信敏
91　Tony Stone Worldwide/Orion Press
92　御木信敏
93　(財)リモート・センシング技術センター
95　家中茂
100～101　AusChromes/PPS
103　World Photo Service
104　Peter Davey/Bruce Coleman Inc./PPS
106　World Photo Service
107～108　藤井旭
110-111　Joyce Photographics/PPS
112-113　World Photo Service
114-115　Joyce Photographics/PPS
118　DAMM/ZEFA/PPS
119　World Photo Service
120　Joyce Photographics/PPS
121　KEYPHOTOS
122　R.Scholz/世界文化フォト
123　World Photo Service
124～127　鹿島建設株式会社/Uniphoto Press
128　鹿島建設株式会社/Uniphoto Press，日本建築学会/Uniphoto Press
128-129　鹿島建設株式会社/Uniphoto Press
129　Newton
130　Orion Press
131　(財)自然環境研究センター，Billiard Archive/Los Angeles Times Syndicate
132　Charles Mauzy/Los Angeles Times Syndicate，(社)日本ユネスコ協会連盟
133　Newton，三菱鉛筆株式会社
141　NASA
142　岩藤誠

Illustration

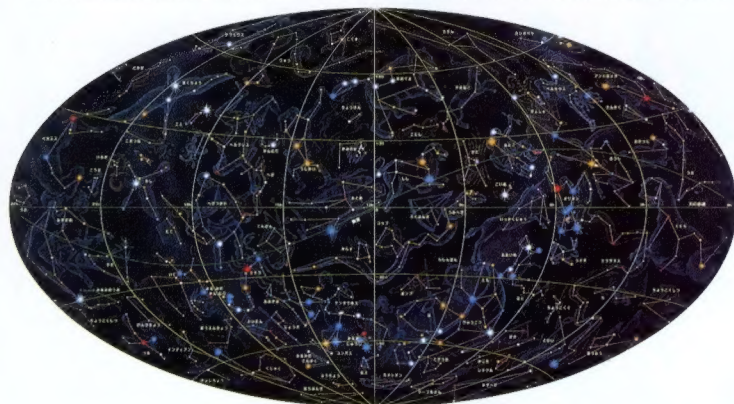
表紙　奥本裕志
3　荒内幸一，大下亮
13　Michael Carroll
15　岡本三紀夫
33　小林稔
46～69　構成/岩崎邦好，宮下浩
49　奥本裕志，泉正文
56-57　小林稔
58-59　門馬朝久
60-61　もとのりゆき
62-63　田中盛穂
64-65　木下真一郎
66-67　目黒市松
68-69　荒内幸一
72　荒内幸一
80　増田庄一郎
81　門馬朝久
84　西尾高
86-87　大下亮
87　岸野敏彦
90～95　岸野敏彦
96　奥本裕志
97～99　岸野敏彦
102　山本匠
105　矢田明
107　奥本裕志
109　柏崎義明，岸野敏彦
117　増田庄一郎

Cooperation

48　野田コレクション

Newtonがお届けする特選ポスター

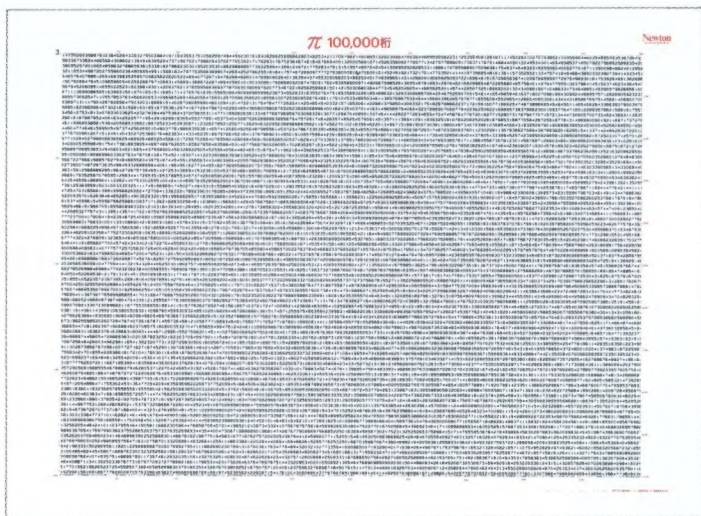
今までに人気の高かったNewtonのポスターを特別解説付きで購入することができます。

ポスターは筒に入れ折らない状態でお手元にお届けします。

豪華版 88星座全天マップ

Newton特別解説付き　定価3500円（税込）

Newton92年7月号付録「88星座全天マップ」の拡大版ポスターができました。暗いところでみると，星座が光る特殊なインク（蓄光インク）を使用した豪華ポスターです。

サイズ：左右80.0センチ×天地58.0センチ

●写真は見本です。実際の商品は細部が多少異なります。

π100,000桁

Newton特別解説付き　定価3000円（税込）

Newton92年1月号付録「π6万桁カレンダー」がバージョン・アップして，10万桁のポスターになりました。小数点以下，果てしなくつづくπの値をここまで網羅したポスターは世界初です。

サイズ：左右80.0センチ×天地58.0センチ

●写真は見本です。実際の商品は細部が多少異なります。

アース・フロム・スペース

Newton特別解説付き　定価3000円（税込）

人工衛星からの写真2000枚からつくられた世界初の全地球雲なし画像です。宇宙からみた地球の素顔がさまざまなイメージをよびおこします。

サイズ：左右88.4センチ×天地58.0センチ

特別注文品　アース・フロム・スペース豪華パネル入り

Newton特別解説付き　定価24000円（税込）

特別注文品につき，直接教育社へお申し込みください。

サイズ：左右90.0センチ×天地59.5センチ

●特別注文品を除くポスターのお申し込みは，最寄りの書店か巻末の振替用紙，または申し込みはがきをご利用ください。

Newton

1992年11月号

1992年11月7日発行　毎月7日発行　第12巻第12号　編集人　竹内 均
昭和56年8月10日第3種郵便物認可　発行人　辻 裕久

〒189東京都東村山市恩多町1-12-3　株式会社 教育社

定価980円（本体951円）

A-001

Printed in Japan　雑誌07047−11

T1007047110982